



Jussi Jaatinen

Laajentunut viritys ja kontekstisidonnainen intonaatio

MuM Jussi Jaatinen (jussi.jaatinen@iki.fi) on muusikko ja väitöskirjatutkija. Hän soittaa orkesteri- ja kamarimuusikkona muun muassa Helsingin kaupunginorkesterissa ja kamariorkesteri Avanti!ssa. Tämä artikkeli on osa virityksen laajentumista käsittelevää väitöskirjaa, jota Jaatinen on tehnyt vuodesta 2014 Helsingin yliopistossa. Lähestymiskulma on monitieteinen, ja ilmiötä tutkitaan psykoakustiikan, kognitiivisen neurotieteen sekä musiikintutkimuksen menetelmien avulla. Yhteiskirjoittajina artikkeleissa ovat olleet mukana TKT Jukka Pätynen ja prof. Tapio Lokki Aalto-yliopistosta sekä prof. Kimmo Alho ja dos. Viljami Salmela Helsingin yliopistosta sekä PsM Jani Vääntänen.

Orcid: 0000-0003-4976-3474.

DOI: 10.51816/musiikki.121966

Laajentunut viritys ja kontekstisidonnainen intonaatio

Jussi Jaatinen
.....

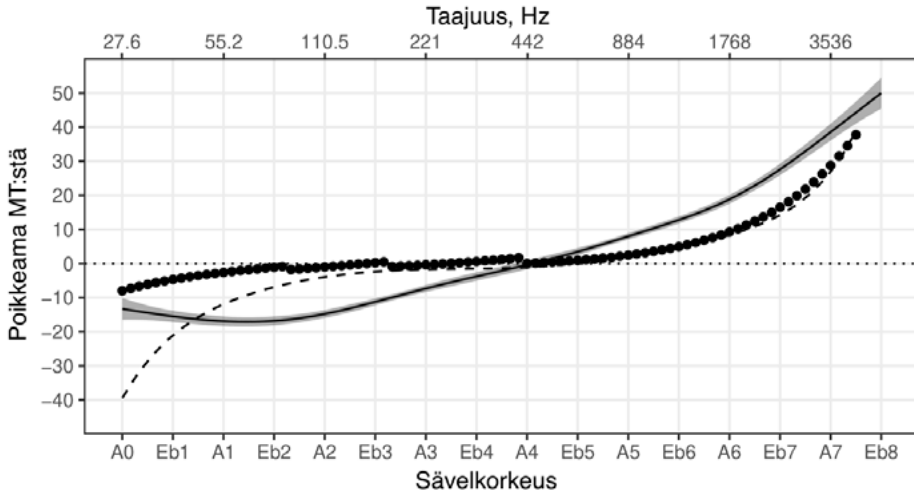
Johdanto

Tässä artikkelissa käsittelen viritykseen ja intonaatioon liittyviä kysymyksiä ja ongelmatilanteita. Tutkin erityisesti, millaisiin psykoakustisiin lainalaisuuksiin nämä haasteet liittyvät ja tarjoan niihin käytännön ratkaisuehdotuksia, joita muusikot voivat hyödyntää päivittäisessä työssään. Tärkeimpänä niistä mainittakoon kehittämäni *vastapainoperiaate*, joka pohjautuu psykoakustisissa tutkimuksissa havaittuun *laajentuneeseen viritykseen* (engl. *stretched tuning*) sekä yhtäläisyyksiin pianonvirityksen kanssa. Vastapainoperiaatteen mukaan orkesterin virityksen kiinteä referenssi on aina musiikissa kuultavan taajuusalueen keskellä eli yksiviivaisessa a:ssa (A4) (440-443Hz). Referenssin yläpuolella viritys laajentuu ylöspäin ja sen alapuolella alaspäin eli pianon viritystä vastaavasti (kuva 1, yhtenäinen viiva).

Lähestyn tutkimusaiheittani sekä tieteellisestä että muusikon näkökulmista käsin. Väitöskirjatutkijan tehtävien ohella toimin muusikon roolissa, sillä olen työskennellyt päätoimisesti ammattimuusikkona vuodesta 1986 lähtien muun muassa Helsingin kaupunginorkesterissa, Tapiola Sinfonietassa sekä kamariorkesteri Avanti!ssa.

Tutkimuksessa on voimakas soveltava aspekti eli artikkeli on luonteeltaan käytäntöorientoitunut. Keskeisenä aineistonani on aikaisempi laajentunutta viritystä koskeva psykoakustinen tutkimuskirjallisuus sekä keskustelut, joita olen käynyt suomalaisten kapellimestareiden kanssa. Kapellimestarit valikoituivat keskustelujen kohderyhmäksi, koska heille on usein helpompaa havainnoida orkesterin viritykseen liittyviä yksittäisiä ja kollektiivisiä ongelmia kuin orkesterin keskellä soittavan muusikon. Lisäksi useilla heistä on kokemusta erilaisista orkesterien intonaatioon liittyvistä toimintakulttuureista ympäri maailman. Keskusteluissa on käsitelty muun muassa intonoinnin kompleksisuutta orkesteriympäristössä, enharmoniaa, duuriterssien intonointia, harmonisen ja melodisen into-

noinnin yhteensovittamista sekä virityksen laajentumista. Tutkimukseen osallistuneet kapellimestarit olivat Jorma Panula, Leif Segerstam, Jukka-Pekka Saraste, Okko Kamu, Esa-Pekka Salonen, John Storgårds, Sakari Oramo, Atso Almila, Ralf Gothóni, Hannu Lintu, Santtu-Matias Rouvali, Dima Sloboneniouk, Osmo Vänskä, Susanna Mälkki, Olli Mustonen, Jaakko Kuusisto sekä Klaus Mäkelä.



Kuva 1. Mustat pallot = Steinway D-flyygelin keskimääräinen virityskäyrä Tunelab-viritysohjelman (Real-Time Specialties Inc., MN, USA) antamiin arvoihin perustuen, katkoviiva = ns. Railsbackin käyrä pystypianolle (Railsback 1938; Schuck ja Young 1943), yhtenäinen viiva = orkesterisoittimilla tehdyn tutkimuksemme keskiarvokäyrä. Tummennettu alue 95 % luottamusväli. (Jaatinen, Pätynen ja Alho 2019). 100 senttiä = puolisävelaskel. Pykälät Tunelab-käyrässä ovat ohjelman viritysmallin todellisia viritysarvoja (eivät artefakteja kuvassa). Viritysarvot (y-akselilla) on ilmoitettu suhteessa matemaattiseen tasaviritykseen (matemaattinen tasaviritys vastaa x-akselia, merkitty kuvaan pienillä pisteillä).

Tutkimuksessani on myös autoetnografinen piirre, koska keskustelut olivat luonteeltaan dialogimaisia ja minulla on tutkijana ja muusikkona ollut omakohtaisten havaintojen ja kokemusten myötä keskeinen rooli tiedon tuottajana. Pitkä kollegiaalinen suhteeni useimpien haastateltavien kanssa on mahdollistanut tasavertaisen keskusteluasetelman. Haastattelulla oli myös refleктоiva ja verifioiva rooli eli keskusteluissa käytiin läpi ha-

vaitsemiani ilmiötä ja teorioita sekä peilattiin niitä haastateltavien omiin havaintoihin ja kokemuksiin todellisessa orkesteriympäristössä.

Viritys ja intonaatio ovat usein käsitteinä epämää räisiä. Tässä artikkelissa *virityksellä* tarkoitetaan kiinteitä sävelkorkeuksia, esimerkiksi pianon viritystä, joka ei ole soiton aikana reaaliaikaisesti muutettavissa. *Intonaatiolla* tarkoitetaan sävelkorkeuden reaaliaikaista säätämistä, jolla pyritään tuottamaan tilannekohtaisesti mahdollisimman hyvin tai tarkoituksen mukaisesti soiva lopputulos. *Kiinteävireisillä soittimilla* tarkoitetaan soittimia, joiden viritystä ei ole mahdollista muuttaa esityksen aikana, kuten piano, urut, harppu ja mallet-lyömäsoittimet. *Vapaasti intonoitavia soittimia* ovat esimerkiksi jousi- ja puhallinsoittimet, patarummut sekä lauluääni. Näillä soittimilla viritystä voidaan jossain määrin muuttaa reaaliaikaisesti. *Matemaattinen tasaviritys* tarkoittaa sävelasteikkoa, jonka kaikki oktaavit ovat taajuussuhteeltaan 2:1 ja puolissävelaskeleet samankokoisia taajuusalueesta riippumatta. *Laajentunut viritys* tarkoittaa psykoakustisissa tutkimuksissa havaittua ilmiötä, jossa kuulohavainnon perusteella hyvävireiseksi koetun oktaavin muodostamien sävelten värähtelytaajuuksien suhde on hieman tasaviritykselle ominaista 2:1-suhdetta laajempi (Jaatinen, Pätynen ja Alho 2019; Sundberg ja Lindqvist 1973; Terhardt 1971; Ward 1954). Kuvassa 1 on nähtävissä laajentunut viritys orkesterisoittimilla, pystypianolla sekä flyygelillä. Laajentuneen virityksen kuvaajat eroavat jossain määrin toisistaan instrumenttikohtaisesti mutta ilmentävät samaa psykoakustista laajenemisilmiötä. Laajentunut viritys on pianonvirityksessä *de facto*-viritysstandardi. Vapaasti intonoivilla soittimilla laajentuminen on niin ikään välttämätöntä, mutta käytännössä muusikot toteuttavat sitä intuitiivisesti. Esitän tässä artikkelissa, että kiinteävireisten ja vapaasti intonoitavien soitinten virityksen yhteisenä perustana tulisi olla laajentunut viritys. *Laajennetussa tasavireisyydessä* (esimerkiksi pianossa) oktaavit ovat laajentuneet eri tavoin rekisteristä riippuen (kuva 1, katkoviiva ja mustat pallot) ja puolissävelaskeleet ovat käytännössä keskenään hieman eri kokoisia. Kuitenkin viritystä kutsutaan *tasavireiseksi*, koska oktaavin sisällä pyritään virittämään puolissävelaskeleet mahdollisimman samankokoisiksi. *Hyvävireisyydellä* tarkoitetaan viritystä tai intonaatiota, jonka havaitsija kokee miellyttävän kuuloiseksi. (Viritysjärjestelmistä enemmän esim. Jorgensen 1991; Duffin 2008; Gough 2007.)

Musiikillinen intonaatio on moniulotteinen ilmiö, jonka hahmottaminen vaatii siihen vaikuttavien tekijöiden erillistä tarkastelua. Kiinteävireisillä ja vapaasti intonoitavilla soittimilla on viritykseltään yhteneviä intervaleja (esimerkiksi oktaavi, kvartti, kvintti), mutta joustava melodisen ja harmonisen intonoinnin vuorottelu (esimerkiksi duuriterssien ja septi-

mien varioiminen kontekstista riippuen) sekä hienovaraisin karakteristinen intonointi ovat vain vapaasti intonoitavien soitinten saavutettavissa.

Melodinen intonaatio määrittelee peräkkäisten, melodisesti hahmotettavien äänten väliset suhteet ja on luonteeltaan horisontaalista, kun taas harmoninen intonaatio on määriteltävissä yhtäaikaisesti soivien sävelten väliseksi suhteeksi ja on luonteeltaan vertikaalista (Rasch 1985). Harmonisen ja melodisen intonoinnin erottelu on yleensä merkityksellistä duuriterssien ja dominanttiduuriterssien (johtosävelien) kohdalla. Lindleyn (2009) määritelmän mukaisesti temperoinnissa (kiinteäviereiset soittimet) on kyse kompromissien tekemisestä joidenkin konsonanssien virityksessä, jotta toiset konsonanssit soisivat paremmin. Temperointi siis määrittää sävelten keskinäiset suhteet oktaavin sisällä (esimerkiksi tasavireinen temperointi tai keskisäveltemperointi). Voitaisiin myös ajatella, että kiinteäviereisten soittimien temperoinnilla pyritään tekemään kompromissi melodisen ja harmonisen intonaation välillä tarkoituksiperästä riippuen. Temperoinnit ovat merkityksellisiä nimenomaisesti kiinteäviereisille soittimille, koska vapaasti intonoitavilla soittimilla sävelkorkeuden määrittely on reaaliaikaista ja kontekstisidonnaista. Esimerkiksi duuriterssi voidaan soittaa melodiassa korkeammaksi ja vastaavasti harmoniassa kolmisoinnussa matalammaksi. Vapaasti intonoitavilla soittimilla jonkin tietyn temperoinnin tarkka toteutus on käytännön tasolla erittäin haasteellista.

Hienovaraisin intonaatioon vaikuttava osatekijä on kontekstisidonnainen karakteristinen intonointi. Tällä tarkoitetaan säveltäjän tai esittäjän tietoista valintaa korostaa jonkin sävelen merkitystä intonaation keinoin.

Myös enharmonialla eli kuulokovaltaan saman kuulosten mutta eri nimisten sävelten erottelulla on vaikutusta intonaatioon. Tasavireisen järjestelmän ulkopuolella keskenään enharmonisilla sävelillä on usein toisistaan poikkeava viritystaso. Vaikka tasavireisen järjestelmän yleistymisen myötä viritystason erottelu enharmonisten sävelten välillä on lähes poistunut, enharmoninen kirjoitusasu voi vaikuttaa sävelten intonaatiokäytäntöihin ja sitä kautta musiikin sävyihin, tunnetiloihin tai jopa yleisviritykseen.

Laajentunutta viritystä, melodista, harmonista ja karakteristista intonointia sekä enharmoniaa, pianonviritystä ja orkesterin virityskysymyksiä tarkastellaan yksityiskohtaisesti myöhemmin tässä artikkelissa.

Laajentuneen virityksen psykoakustinen perusta

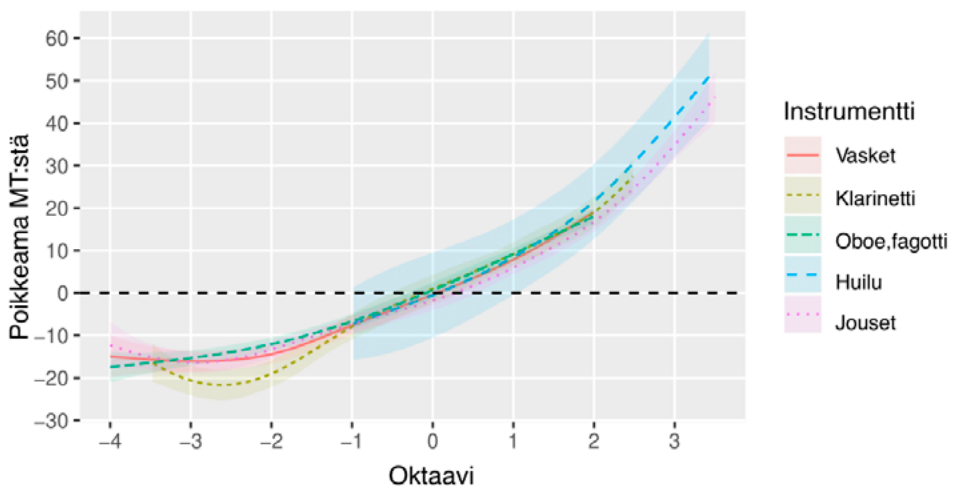
Oktaavin ja samalla virityksen laajentumista on tutkittu pääasiassa psykoakustisten kuuntelukokeiden avulla (Demany ja Semal 1990; Dobbins ja Cuddy 1982; Hartmann 1993; Jaatinen, Pätynen ja Alho 2019; Maltzew 1913; Stumpf ja Meyer 1898; Sundberg ja Lindqvist 1973; Terhardt 1970; Terhardt 1974; Walliser 1969; Ward 1954). Ne osoittavat selkeästi, että sävelkorvaa miellyttävin oktaavi on hieman 2:1-taajuussuhdetta laajempi. Laajentuminen on voimakkainta ylärekisterissä ja myös havaitsijoiden välillä ilmenee yksilöllistä vaihtelua. Laajentumisilmiö on havaittu sekä harmonisen yläsävelsarjan omaavien niin sanottujen kompleksisten äänten että myös yhden taajuuden sisältävien siniäänten parivertailuissa. Useita oktaaveja kattavaan äänialaan yleistettynä oktaavilaajentuman looginen seuraus on koko virityksen laajentuminen. Laajentunut viritys määrittää musiikillisen intonaation perustan, koska laajentunut viritys on psykoakustisten tutkimusten perusteella paremmin soiva referenssiasteikko kuin matemaattinen tasaviritys. Kuvassa kaksi on nähtävissä virityksen laajentuminen orkesterin eri instrumenttiryhmillä (Jaatinen, Pätynen ja Alho 2019).

Miellyttävän kokoisen oktaavin laajuutta tutkivissa koeasetelmissä on yleensä käytetty äänten peräkkäistä eli vuorottelevaa esitystapaa, koska silloin ei synny johdattelevaa referenssiä huojumattomasta 2:1-oktaavista. Yhtäaikainen esitystapa on ongelmallinen oktaavin subjektiivista kokoa mittavissa koeasetelmissä juuri matemaattisen oktaavin aikaansaamaan fuusioefektin¹ vuoksi. Ongelman kiertämiseksi voidaan lisätä lievää taajuusmodulointia (2 tai 4 Hz) kaikille vertailtaville äänipareille, jolloin fuusioefekti katoaa ja yhtäaikaisesti soivien intervallien subjektiivisesti hyvävireiseksi koettua laajuutta voidaan objektiivisesti mitata (Demany ja Semal 1990).

Aiemmassa psykoakustisessa tutkimuksessamme (Jaatinen, Pätynen ja Alho 2019) mittasimme hyvävireiseksi koettujen oktaavi-intervallien laajuutta eri orkesterisoittimilla. Koetilanteessa kuunneltiin äänipareja, joissa alempi ja ylempi ääni vuorottelivat (molemmat kestoiltaan 1 s. jatkuvana toistona). Alempi ääni oli referenssiääni, joka vaihteli välillä A0–A6 tai Eb1–Eb7. Se oli aina tasavireisen asteikon virityksen mukainen referenssivirityksenä A4 = 442Hz. Ääniparin ylempää ääntä (ylin vertailuääni Eb8) koehenkilö pystyi säätämään vapaasti. Kuunneltavat inter-

¹ Fuusioefekti syntyy, kun äänet ovat tarkalleen 2:1 taajuussuhteessa toisiinsa nähden. Tällöin ylemmän äänen osasävelet osuvat päällekkäin alemman äänen osasävelien kanssa ja äänet sulautuvat toisiinsa. Tällöin äänten välille ei synny taajuuserosta johtuvaa huojuntaa.

vallit olivat kooltaan 1–7 oktaavia ja kokeessa oli yhteensä 564 ääniparia. Keskimääräinen tulos on nähtävissä kuvassa 1 ja soitinkohtaisesti eritelty tulos kuvassa 2. Tutkimuksemme mukaan laajentumisessa on nähtävissä pienehköä hajontaa siinä, miten eri instrumenttiryhmien soittamat intervallit koetaan, mutta keskimäärin ilmiö on melko vakaa. A2:sta ($\approx 110,5$ Hz) alaspäin viritys pysyy melko stabiilina ja on noin 15 senttiä referenssitason (A4 ≈ 442 Hz) alapuolella. Välillä A2–A6 laajentuminen on noin 7 senttiä oktaavia kohden. Ylärekisteri laajentuu hiukan enemmän, jolloin pikkolohuilun ja viulun ylin rekisteri on noin 40–50 senttiä referenssitason yläpuolella. Klarinetin eroava käyrä alarekisterissä johtuu soittimen muista instrumenteista poikkeavan spektrin aiheuttamasta muutoksesta sävelkorkeushavaintoon. Erityisesti alimmassa rekisterissä klarinetin harmonisen spektrin joka toinen osasävel on selkeästi vaimentunut aiheuttaen havaitun sävelkorkeuden madaltumista suhteessa äänen fysikaaliseen perustaajuuteen. Ilmiötä olemme tarkemmin käsitelleet aiemmin julkaistussa artikkelissa (Jaatinen, Pätynen ja Lokki 2021). Samassa tutkimuksessa totesimme myös toisen tärkeän seikan: jopa ammattimuusikot kuulivat samat asiat hyvinkin eri tavalla eli havaittu sävelkorkeus saattoi vaihdella koehenkilöiden välillä jopa kymmeniä senttejä. Tällä on merkittävä vaikutus myös intonaatioon ja sen koettuun hyvävireisyyteen.

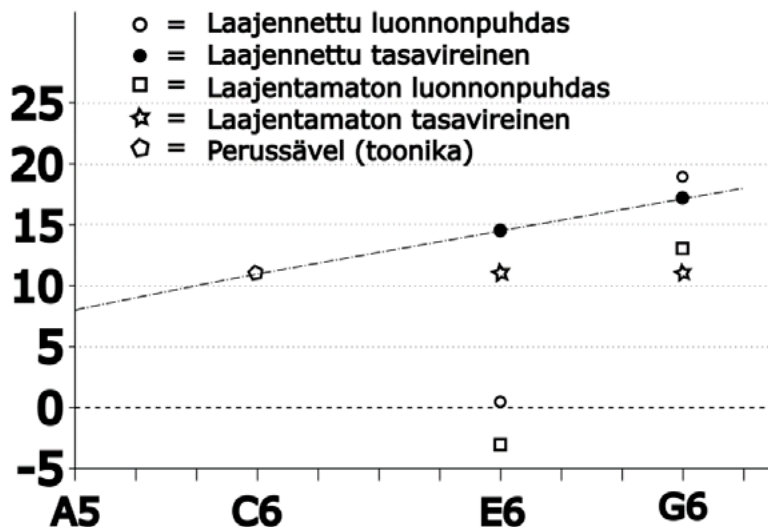


Kuva 2. Sävelasteikon laajentuminen eri instrumenttiryhmillä (Jaatinen, Pätynen ja Alho 2019). Oktaavi 0 = A4 ≈ 442 Hz. Viritysarvot (y-akselilla) on ilmoitettu suhteessa matemaattiseen tasaviritykseen (x-akseli, merkitty kuvaan katkoviivalla).

Laajentumisen merkitys korostuu varsinkin sellaisessa tapauksessa, jossa keskirekisterin väliäännet puuttuvat. Tällainen tilanne on esimerkiksi silloin, kun säestys on pelkästään matalassa rekisterissä ja melodia korkeassa rekisterissä. Tällöin kuulijan on helpompi havaita laajentumisen välttämättömyys verrattuna tilanteeseen, jossa kaikissa äänialoissa on soittavaa eli paksussa orkesterisatsissa. Kun keskirekisterin soittimet ovat mukana, matalan rekisterin ylävireisyyteen ei välttämättä kiinnitä huomiota samalla tavalla.

Sävelasteikon laajentuminen tulee myös huomioida viritettäessä laajalle äänialalle sijoituvia sointuja. Terhardt ja Zick (1975) vertailivat laajentunutta, tasavireistä ja supistettua viritystä keskenään. He esittivät, että melodisessa yhteydessä ja hajallisessa sointuasettelussa laajentunut viritys olisi suositeltavin intonointitapa, kun taas harmonian dominoidessa suppeassa asetelussa tasavireinen, luonnonpuhdas tai joissain tapauksissa jopa supistunut viritys miellettiin parhaaksi vaihtoehdoksi. Toisin sanoen, kun kyseessä on suppea tai ahdas asetelu, jossa soinnun sävelet ovat lähellä toisiaan, luonnonpuhdas intonointi yleensä tuottaa parhaan lopputuloksen kolmi- tai nelisoinnuissa, esimerkiksi vaikka pasuunasektiossa. Laajentuminen taas on välttämätöntä silloin, kuin sointu levittäytyy hyvin laajalle äänialalle eli ääripäät ovat jopa usean oktaavin päässä toisistaan. Tämä on yleinen tilanne monissa orkesterisävellyksissä, joissa vaikkapa viulut ja pikkolohuilu soittavat kolme- tai neliviivaisessa oktaavissa ja vastaavasti tuuba, bassot ja kontrafagotti kontra- tai subkontraoktaavissa.

Käytännön esimerkkeinä kuvassa 3 nähdään laajentumisen vaikutuksia duurikolmisointuun. Perussävel C6 on kaikille yhteinen ja se on laajentuneen virituksen mukaisesti noin +11 senttiä matemaattisen tasavirityksen yläpuolella (vrt. kuvat 1 ja 2). Suhteessa perussäveleen terssin (E6) ja kvintin (G6) mahdolliset viritykset vaihtelevat huomattavasti, eikä mikään vaihtoehto ole kuulokuvallisesti mahdoton suppean sointuasettelman vuoksi. Luonnonpuhdas laajenematon duuriterssi E6 kolmiviivaisessa oktaavissa olisi suunnilleen -3 senttiä eli suhteessa C6:n viritykseen ($11-14=-3$). Laajennetussa luonnonpuhtaassa soinnussa sitä vastoin duuriterassin viritys on suhteessa laajennetun virituksen E6:een ($14,4-14=0,4$). Tasavireisissä esimerkeissä periaate on vastaava. Kuten mainittu, Terhardtin ja Zickin (1975) suositus ahtaassa asetelussa on tasavireinen tai luonnonpuhdas kolmisointu. Laajan ambituksen soinnussa laajentunutta versiota pidettiin parhaiten soivana vaihtoehtona. Huomionarvoista on terssin viritystason huomattava vaihtelu eri vaihtoehtojen välillä.



Kuva 3. C-duurikolmisoinnun vaihtoehtoisia intonointitapoja laajenemisesta ja kontekstista riippuen. Perussävel C6 = +11 senttiä. Laajennetussa luonnonpuhdaassa soinnussa E6 on 14 senttiä laajentuneen asteikon E6:n alapuolella, kun taas laajentamattomassa terssin viritys määräytyy pohjasävelen C6 mukaan. Tasavireiset versiot noudattavat lineaarisesti jompaakumpaa viritystä. Y-akselilla viritysarvot sentteinä suhteessa matemaattisen tasaviritykseen.

Perinteisissä mekaanisissa uruissa käytetään yleensä 2:1 oktaaveja huojunnan välttämiseksi. Tämä voi kuitenkin aiheuttaa ongelmia yhteissoittotilanteissa muiden instrumenttien kanssa. Klassinen esimerkki tästä ongelmasta on kuultavissa Richard Straussin sävelrunon *Also sprach Zarathustra* (1896) alussa, jossa urut ovat mukana massiivisessa C-duurisoinnussa orkesterin kanssa. Orkesteri lopettaa hieman ennen urkuja, jolloin urkujen sointu on hetken kuultavissa erikseen. Koska mekaanisia urkuja ei huojunnan vuoksi yleensä viritetä laajentuneen virituksen mukaisesti, se kuulostaa monissa taltioinneissa säveltasoltaan selkeästi matalammalta orkesteriin verrattuna. Ongelmia ilmenee etenkin silloin, kun uruille on kirjoitettu osuuksia hyvin korkeaan äänialaan ja mukana on muita soittimia. Nykyään tätä ongelmaa on pyritty pienentämään virittämällä konserttisalien mekaanisia urkuja hieman laajentuvasti tai käyttämällä orkesterin kanssa syntetisoituja urkuja, joissa virituksen laajentumista pystytään säätämään.

Edelleen suurimmassa osassa nykyään käytössä olevista viritysmittareista on käytössä matemaattinen tasaviritys, jossa on syklinen oktaavijako eli oktaavin etäisyydellä olevien äänten taajuussuhde on aina 2:1. Tällaisissa laitteissa tai ohjelmistoissa saattaa olla tarjolla erilaisia temperointeja, mutta virityksen laajentumisen säätö puuttuu. Vähitellen tilanne on kuitenkin muuttumassa ja markkinoille on tullut laitteisto- ja ohjelmistopohjaisia mittareita, joissa on mahdollista käyttää myös laajentunutta viritystä.²

Virityksen laajentuminen oli useimmille haastatelluille kapellimestareille entuudestaan tuntematon ilmiö. Käytännön intuitiivisella tasolla siitä oli kokemusta esimerkiksi kuoron intonaation harjoittamisen yhteydessä sekä omassa soitossa.

Oktaavilaajentumaa käsittelevä neurofysiologinen tutkimus

Oktaavilaajentumaan tai virityksen laajentumisilmiöön vaikuttavista neurofysiologisista toimintamekanismeista on esitetty joitakin teorioita, mutta yksikään ei ole saavuttanut täyttä konsensusta. Oktaavin laajentumisilmiötä on neurofysiologisesti tutkittu eläinkokeissa (McKinney ja Delgutte 1999; Ohgushi 1983). Ohgushin (1983) mukaan hermosolujen refraktari aika (aika edellisen aktiopotentiaalin jälkeen, jolloin hermosolu palautuu sellaiseen tilaan, jossa sen on taas mahdollista lähettää uusi aktiopotentiaali) aiheuttaa siirtymän kuulohermossa ja tämä aiheuttaa sen, ettei fyysinen ärsyke ja kuulohermon vaste vastaa täysin toisiaan. Terhardtin (1971) teorian mukaan semanttisessa muistissa oleva sävelmuistimatriisi, joka on omaksuttu puheäänien vaikutuksesta jopa jo prenataalivaiheessa (kohdussa kuulluista ympäröivistä äänistä) tai aivan elämän alkumetreillä, olisi viritykseltään laajentunut. Laajentuminen johtuisi yhtäaikaisten osasävelten aiheuttamasta peittoilmiöstä (ylempi ääni peittää alemman äänen toisen osasävelen) ja siitä johtuvasta alemman äänen havaitun sävelkorkeuden siirtymästä alaspäin. Kolmas ja samalla uusin teoria liittyy sisäkorvan spontaaniin otoakustiseen emissioon (Bell ja Jędrzejczak 2017). Siinä on havaittu, että sisäkorvassa on ”portaati” puoliasävelaskelien välein ja että puoliasävelaskel olisi hiukan laaja matemaattiseen vastineeseensa verrattuna. Laajentuneet puoliasävelskelit aiheuttaisivat siis kumulatiivisesti virityksen laajentumisen. Bellin ja Jędrzejczakin mukaan on epätodennäköistä, että tällainen erittäin merkittävä musiikillinen intervallisuhde

² Esimerkiksi StrobePlusHD (Peterson tuners Inc.) tai Airyware Tuner (Airyware)

(puolisävelaskel, 1.063 ± 0.005), jota käytetään laajalti monissa (mutta ei kaikissa) kulttuureissa muodossa tai toisessa, ilmestyisi sattumalta. Saattaa siis olla, että suhde heijastaa sisäkorvan synnynnäistä musiikillista ominaisuutta.

Kaikki yllä mainitut selitykset saattavat olla ainakin osittain oikeassa. Vaihtoehtoisesti eri taajuusalueilla ilmiöllä on erilainen syntymekanismi. Oleellisin kysymys onkin, onko ilmiö sisäsyntyistä vai opittua. Sisäsyntyinen tarkoittaa sellaista hermoston luontaista toimintaperiaatetta, joka on yhteinen kaikille ihmisille (tai eläimille) ilman erityistä harjoittelua tai harjaantumista (esimerkiksi peräkkäisten aktiopotentiaalien välinen minimiaika). Tosin havaittu hermoston ominaisuuskin voi olla opittua, koska aivot muovautuvat (hermosolujen väliset yhteydet muuttuvat) oppimisen myötä ja prosessi jatkuu läpi koko elämän. Virityksen laajentumisilmiö on niin ikään yhteinen likimain kaikille musiikkikulttuureille maailmanlaajuisesti (Dowling ja Harwood 1985).

Harmoninen ja melodinen intonointi vs. temperointi

Vapaasti intonoitavilla soittimilla voidaan erotella harmoninen ja melodinen intonointi toisistaan reaaliaikaisesti. Hieman yleistäen voisi sanoa, että pythagoralainen tai tasavireinen intonaatio sopii käytettäväksi melodisessa kontekstissa, kun taas luonnonpuhdas intonaatio on nimenomaan harmonisesti puhtaasti soivien kolmisointujen kannalta paras vaihtoehto. Länsimaisessa musiikissa, jossa asteikko on jaettu kahteentoista osaan, tietyt intervallit ovat merkityksellisempiä erotettaessa harmoninen ja melodinen intonointi toisistaan. Tärkeimmät niistä ovat duuriterssi (käänteisenä pieni seksti), suuri septimi eli dominanttterssi (käänteisenä pieni sekunti), sekä pieni septimi. Toisaalta priimi, kvintti ja oktaavi ovat samankokoisia pythagoralaisessa ja luonnonpuhtaassa virityksessä. Muiden intervallien kohdalla mainitun kolmen viritysjärjestelmän väliset erot ovat vaikeammin hahmotettavissa (kuva 4).

Intervalli (ylöspäin mentäessä)	Pythagoralainen	Erotus	Tasavireinen (ET12)	Erotus	Luonnonpuhdas (Just Intonation)
Priimi	0	0	0	0	0
Pieni sekunti	90	-10	100	12	112
Suuri sekunti	204	4	200	4	204
Pieni (molli) terssi	294	-6	300	16	316
Suuri (duuri) terssi	408	8	400	-14	386
Kvartti	498	-2	500	-2	498
Ylinouseva kvartti	590	-10	600	-10	590
Vähennetty kvintti	588	-12	600	10	610
Kvintti	702	2	700	2	702
Pieni seksti	792	-8	800	14	814
Suuri seksti	906	6	900	-16	884
Pieni septimi	996	-4	1000	-4	996
Suuri septimi (Dominanttiduuri-terssi)	1110 (702+408)	10	1100	-12	1088 (702+386)
Oktaavi	1200	0	1200	0	1200

Kuva 4. Pythagoralaisen, tasavireisen ja luonnonpuhtaiden intervallien erot ja samankaltaisuudet tasavirityksessä (Sundberg 1991, 86-92). Tummennetuilla riveillä ovat ne intervallit, joiden koko on yhteinen pythagoralaisessa ja luonnonpuhtaassa virityksessä.

Kuten johdannossa mainittiin, kiinteäviereisissä soittimissa temperoinnilla tarkoitetaan käytännössä järjestelmää, jolla oktaavi on jaettu intervaleihin, ja jolla pyritään konteksti- tai sävellajisidonnaisesti aikaansaamaan mahdollisimman hyväviereinen intonaatio. Yleisimpiä temperointeja ovat muun muassa tasavireinen (samankokoiset puoliaskleet), Kirnberger-, Vallotti- ja muun keskisäveltemperoinnit (ks. esim. Lindley 1975).

Tasavireinen temperointi poisti sävellajisidonnaisuudet, jolloin kaikki sävellajit kuulostavat virityksen kannalta samanlaisilta ja käyttäytyvät moduloitessa samalla tavoin. Näin ollen moduloitaessa ei ollut enää puhtaampia tai epäpuhtaampia sävellajeja, koska tasavireisyyden tarkoitus oli juuri poistaa muun muassa keskisäveltemperointeihin liittyvät moduloitongelmat. Matemaattisen tarkkaa tasavireisyyttä pystytään vapaasti

intonoivilla soittimilla harvemmin käytännössä toteuttamaan, mutta kiinteävireisillä soittimilla siihen on totuttu, jolloin melodinen soitto kuulostaa yleensä puhtaalta ja harmoniat riittävän hyviltä, vaikka esimerkiksi duurikolmisoinnuissa duuriterssit eivät olekaan luonnonpuhtaita (4:3). Edelleen on hyvä todeta, että pianon tasavireinen temperointi ei ole käytännössä tasavireinen laajentuneen virityksen vuoksi (kuva 1). Nykyisten klaveerisoittimien temperointi on rajoitettu kahteentoista mahdolliseen sävelluokkaan, jolloin enharmoniset äänet ovat aina viritykseltään samoja. Toisin sanoen 12-portaisilla kiinteävireisillä soittimilla ei voi yhtäaikaista soittaa samalla temperoinnilla harmonisesti ja melodisesti puhtaasti.

Kiinteävireisissä soittimissa temperoinnilla pyritään siis mahdollisimman hyvin soivaan kompromissiin, jossa joko melodia on horisontaalisen mahdollisimman puhdasvireinen harmonisen sointupuhtauden siitä liikaa kärsimättä tai päinvastoin. Tämä riippuu melodian ja harmonian välisen keskinäisen merkityssuhteen painotuksesta ja on myös aikakausi- ja tyylisidonnaista. Melodian merkitys moniäänisessä musiikissa kasvoi jo varhaisbarokista alkaen, ja vähitellen melodia-säestys-asetelma (kirjoitustapa, jossa oli selkeästi eroteltavissa melodialinja ja sille alisteinen säestys) vakiintui pääasialliseksi ilmaisumuodoksi. Tällöin myös melodian sisäisen puhtauden merkitys alkoi voimistua (Barbieri 1991). 1500–1700-luvuilla käytetyissä keskisäveltemperoinneissa pyrittiin mahdollisimman hyvään sointupuhtautteen melodian kustannuksella rajattua sävellajikombinaatiota käytettäessä. Kun modulointi ja kromatiikka lisääntyivät, muodostui tarve uusille temperoinneille, jotka mahdollistivat useamman sävellajin käytön saman virityksen puitteissa, mutta jotka silti pyrkivät niin sanotun perussävellajin kohdalla tarjoamaan edelleen mahdollisimman luonnonpuhtaat kolmisoinnut (ibid.). Tämä näkyi myös temperoinneissa, jotka alkoivat lähentyä tasavireisyyttä, mahdollistaen myös paremman horisontaalisen eli melodisen intonaation sekä joustavan moduloinnin eri sävellajien välillä. Tasavireisyyden yleistymistä hidasti kuitenkin luonnonpuhtaan duurikolmisoinnun puute. Nykyään tasavireisiin sointuihin on totuttu, eivätkä esittäjiä tai kuulijoita pianon tasavireiset duurikolmisoinnut enää yleensä häiritse. Kuten aiemmin mainittiin, puhdasta tasavireisyyttä ei käytännössä ole kosketinsoittimissakaan mahdollista toteuttaa, sillä virityksen laajentumisen vuoksi puolisävelaskeleet ovat keskenään eri kokoisia jopa jo samankin oktaavin alueella.

Sen sijaan vapaasti intonoitavilla soittimilla voidaan sävelkorkeudet määritellä ja toteuttaa vapaammin, jolloin harmonista ja melodista intonointia voidaan soiton aikana vaihdella. Esimerkiksi duuriterssi voidaan soittaa kontekstista riippuen harmonisen tai melodisen intonaation mu-

kaisesti. Nimenomaisesti duuriterssi on ehkä kaikkein kiistanalaisin intervalli, koska se voidaan soittaa monella tavalla täysin perustellusti: pääsääntöisesti kirkkautta vaativissa paikoissa korkeammaksi (esimerkiksi melodiassa tai johtosävelenä) ja lepäävämmässä soinnuissa matalammaksi (esimerkiksi loppusoinnussa). Duuriteressin intonointiin vaikuttavat myös soitinkohtaiset traditiot sekä koulukunnat. Esimerkiksi perinteisesti melodiasoittoon painottuneilla jousisoittajilla korkeammat melodiset terssit ovat yleisiä, kun taas vaskisoittimilla soittimen harmonisesta toimintaperiaatteesta johtuen terssit ovat monesti yläsävelsarjan mukaisesti lähempänä luonnonpuhdasta duuriterssiä. Toisaalta Slobodenioukin (2013) ja Segerstamin (2013) mukaan venäläisessä viulukoulussa edellytetään soitettavaksi melodiassa matalampia duuritersejä kuin jousisoittimilla yleensä. Joskus myös kolmisoinnun kontekstisidonnainen karakterisointi voi edellyttää luonnonpuhdasta korkeampaa duuriterssiä.

Intervalleista esimerkiksi oktaavi on luonteeltaan stabiili intervalli, kun sitä vastoin duuriterssi taas labiili ja kontekstisidonnainen (vrt. kuva 4). Laajentuminen toki vaikuttaa molempiin, mutta duuriterssiin vähemmän, koska äänet ovat lähellä toisiaan. Tietysti silloin, jos kyseessä on intervalli, esimerkiksi suuri desimi tai duuriterssi kahden tai useamman oktaavin päässä, laajentumisella on sitä enemmän merkitystä, mitä etäämmällä äänen ovat toisistaan. Tällöinkin duuriteressin sukuinen laaja intervalli voidaan intonoida melodisesti tai harmonisesti.

Septimit eroavat perusluonteeltaan toisistaan, sillä suuren septimin ylempi ääni on usein johtosävelenä (dominanttiduuriterssi) ja on luonteeltaan ylöspäin purkautuva (melodisen duuriteressin kaltainen). Sitä vastoin pieni septimi, joka luonnonsävelasteikossakin on viritykseltään matala, purkautuu usein alempaan säveleen. Omien kokemusteni perusteella pientä septimiä tai sen vastinetta asteikossa (alennettu seitsemäs aste) on hyvin harvoin tarvetta intonoida ylävireiseksi. Tämä pätee niin melodisessa kuin harmonisessakin kontekstissa.

Karakteristinen intonointi

Hienovaraista tulkinnasta riippuvaa intonointia voidaan kutsua *karakteristiseksi intonaatioksi*. Se on usein tapauskohtaisesti konteksti- ja esittäjäsidonnaista ja siten vaikeammin säännönmukaistettavaa. Karakteristista intonointia esiintyy yleensä tiettyjen intervallien kohdalla, ja se voi olla vakiintunutta tyyli- tai kulttuurisidonnaisesti. Esimerkkeinä tästä käyvät vaikkapa herooisuutta ja uljautta korostavat hieman ylävireiset terssit ja

kvintit, joita voisi kutsua vaikka *fanfaariterssiksi* ja *marseljeesikvintiksi*, koska ne esiintyvät kyseisissä topos- eli aiheyhteyksissä. Almila määritteli fanfaariterassin seuraavasti:

Almila: Jos vasket soittavat vähän isommalla volyymilla duurikolmisointua, niin se kuulostaa helposti lattealta, jos terssi ei ole riittävän korkea. Mä kutsun sitä fanfaariterssiksi.

Jaatinen: Ja lisäksi voisi olla myös vastaava hieman korkea uljas ”marseljeesikvintti”.

Almila: Ja luonnonpuhdas sointu sopii jonkun hyvin levollisen kappaleen loppusointuun. Korkea duuriterssi voi myös viitata dominanttisoinnun purkautumiseen. Siinä tulee funktioaspekti mukaan melodiassa. (Almila 2013.)

Marseljeesikvintti-termin muistan kuulleen 1990-luvulla Tšaikovskin *1812*-alkusoiton harjoituksen yhteydessä, jolloin orkesteria johtanut kapellimestari toivoi soitettavan hieman laajoja kvinttejä (teoksessa käytetty sitaattina Marseljeesin alkua).

Tunnettuna esimerkkinä näistä Beethovenin viidennen sinfonian toisen osan sivuteema, jossa voidaan nähdä mahdollisuuksia toteuttaa sekä fanfaariterssejä että marseljeesikvinttejä (kuva 5). Tässä tapauksessa myös alemman stemman soittajan tulee sopeuttaa terssinsä melodiaan eli nostaa hieman oman sävelensä korkeutta. Käytännössä siis marseljeesikvintin kanssa soi yhtäaikaaisesti fanfaariterssi, ja nämä määrittyvät terssiksi ja kvintiksi suhteessa vallitsevan soinnun (C-duuri) perussäveleen.



Kuva 5. Beethoven: *sinfonia nr. 5, osa 2*. MK = marseljeesikvintti, FT = fanfaariterssi

Pieni ja suuri sekunti ovat myös intervaleja, joita usein väritetään karakteristisen intonoinnin avulla. Esimerkiksi suppealla pienellä sekuntilla voisi korostaa alakuloisuutta, varovaisuutta tai vaikkapa pelkoa. Laaja suuri sekunti taas voisi ilmentää vaikkapa iloa, tarmoa tai määrätietoisuutta.

Esittäjillä saattaa identtisissä tilanteissa esiintyä myös intuitiivista vaihtelua, joka on kuitenkin eroteltavissa mahdollisesta puutteellisesta soit-

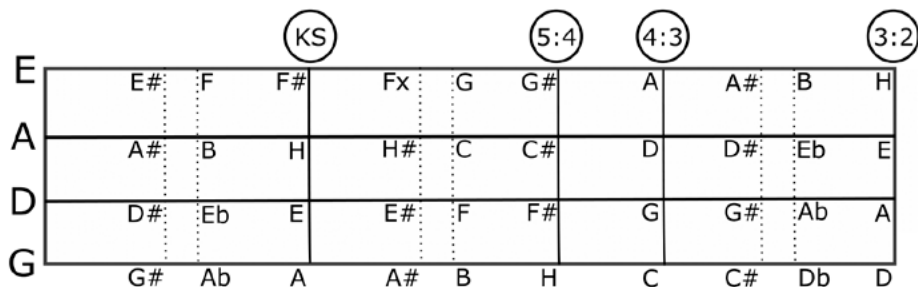
timenhallinnasta johtuvasta virityksen epävakaudesta (Morrison ja Fyk 2002, 192).

Mitään yleispätevää sääntöä karakteristiselle intonoinnille ei useinkaan voida muodostaa. Säveltäjäkohtaisesti aihetta ei myöskään ole juuri tutkittu, mutta esimerkiksi viulun intonaatiota esitystilanteessa ovat tutkineet muun muassa Barbieri (1991), Heman (1964) sekä Garam (1990) ja puhaltimia vastaavasti esimerkiksi Fransson, Sundberg ja Tjernlund (1970) sekä Karrick (1998).

Enharmonia

Enharmonialla tarkoitetaan kuulokuvallisesti saman sävelluokan jäsenten vastaavuutta, esimerkiksi dis-es tai fis-ges. Vaikka enharmoninen kirjoitustapa on ensisijaisesti sidoksissa sävelten funktioon, saattaa sillä olla tarkoituksellista vaikutusta myös intonaatioon. Varhaisbarokissa ja renessanssin ajan musiikissa harmonista puhtasvireisyyttä priorisoitiin suhteessa horisontaalista puhtautta edellyttävään melodialinjaan. Koska melodia ei ollut pääosassa, ei myöskään virityksen horisontaalinen puhtaus noussut tärkeimmäksi kriteeriksi yhteen sovitettaessa viritykseen liittyviä ristiriitoja. Tämän vuoksi yleisimmin käytössä olivat harmonista puhtautta painottavat keskisäveltemperoinnit sekä luonnonpuhtas viritys (engl. *just intonation*). (Barbour 1951; Barbieri 2008.)

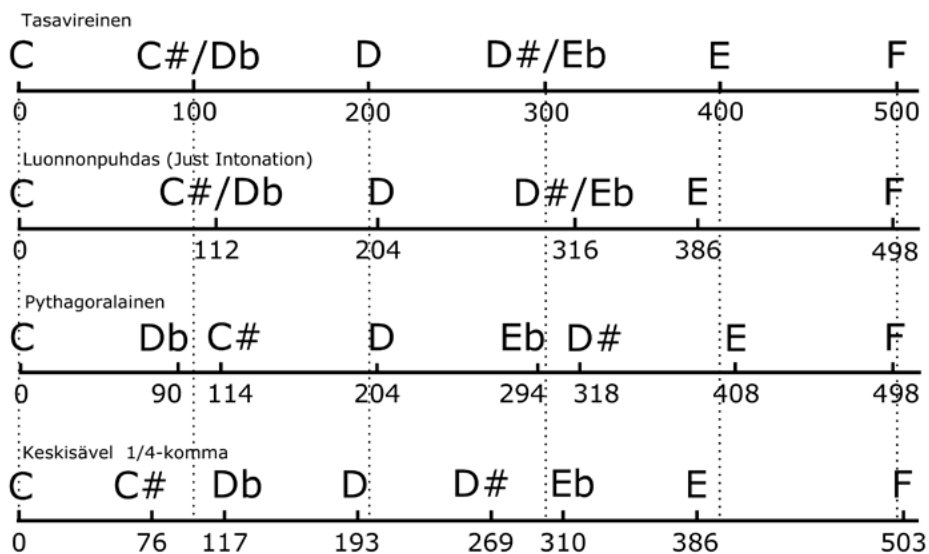
Keskisäveltemperointien aikana eli 1500-luvun vaihteesta aina 1700-luvun lopulle korotetut sävelet olivat matalampia kuin vastaavat alennetut (Barbieri 1991). Tämä on nähtävissä kuvassa 6 esimerkiksi George Simon Löhleinin viulukoulussa vuodelta 1781 olevan viulun otelautaa kuvaavan piirroksen mukaan laaditussa kuvassa (Löhlein 1781). Huomioitavaa on, että sävellajista riippuen enharmonisesti eroteltava sävelpari saattaa olla mikä tahansa puoliaskel, kuten alla olevasta kuvasta (ks. kuva 6) voidaan huomata (esim. eis-f tai fisis-g).



Kuva 6. Viulun otelauta alimman kvintin osalta Löheleinin kaavion mukaan (suuntaa antava, ei mittakaavassa). KS = keskisävel (mean tone) eli ääni perussävelen ja luonnonpuhtaan duuriterassin puolella välissä, 5:4 = duuriterssi, 4:3 puhdas kvartti, 3:2 puhdas kvintti. Käytännössä, jos kyseessä oli esimerkiksi 1/4-komman keskisäveltemperointi, kvintti (3:2) oli myös alennettu 1/4-komman verran eli noin 5–6 senttiä.

Esimerkiksi useat normaalisti kirjoitetut kolmisoinnut olivat keskisäveltemperoinneissa lähes luonnonpuhtaita. Käytännössä äänet olivat lähempänä sitä perusääntä, mistä ne oli johdettu (c-cis, d-des). Puolisävelaskeleiden koko on sidoksissa käytettyyn järjestelmään. Pythagoralainen pieni puoliaskel on laajuudeltaan 90 senttiä, kun taas keskisäveltemperoinnissa se on vain 76 senttiä. Vastaavasti suuri puoliaskel on 114 vs. 117 senttiä (kuva 7).

Melodian painoarvon lisääntyessä 1700-luvun jälkipuoliskolta lähtien pythagoralaisen tapainen intonointi melodiasoitossa yleistyi. Kuvassa 7 on nähtävissä, että pythagoralaisessa järjestelmässä enharmoniset sävelet ovat vaihtaneet paikkaa verrattuna keskisäveltemperointeihin, joissa perussävelestä johdetut sävelet (ylennetyt tai alennetut) olivat teoriassa pienen puoliaskeleen päässä kantasävelestään (Barbieri 1991).



Kuva 7. C-pohjaisen asteikon kvartin alue tasavireisen, luonnonpuhtaana ja pythagoralaisen virityksen sekä 1/4-komman keskisäveltemperoinnin välillä. Huom. enharmonisten sävelten paikan vaihtuminen pythagoralaisen virityksen ja keskisäveltemperoinnin välillä. Keskisäveltemperoinnin suuri sekunti (193) on tarkalleen pohjasävelen ja duuriterassin (386) puolella välissä (keskisävel). (Kuva piirretty Barbieria [1991] mukaillen.)

Pythagoralainen viritys soveltuu keskisäveltemperointeja paremmin melodiseen intonaatioon, koska duuriterassit ja johtosävelet ovat korkeampia ja melodian kannalta kirkkaampia. Siinä ylennetyt sävelet ovat Pythagoraan komman³ (23,46 senttiä) verran korkeampia kuin vastaavat alennetut (esim. fis vs. ges). Laajentunut tasavireinen viritys, kuten pianossa, soveltuu myös verrattain hyvin melodiseen intonaatioon. Vaikka tasavireisyys teorian tasolla oli tunnettu jo vuosisatoja (Duffin 2008), se yleistyi pianovirityksessä vasta 1900-luvun alkupuolella, kun William White kehitti huojuntanopeuksiin perustuvan menetelmän pianon tasavireiseksi virittämistä varten (White 1917). White ei kuitenkaan tuolloin ollut tietoinen pianon kielten inharmoniteetista (ks. luku ”Pianon viritys”) eikä myöskään virityksen laajenemisilmiöstä. Siksi kirjassa esitetyt taajuuksiin perustuvat huojuntataulukot eivät pidä sellaisinaan tarkasti paikkaansa,

³ Pythagoraan komma on 12 puhtaan kvintin (3:2) ja 7 oktaavin (2:1) välinen erotus. Se vastaa taajuuksien suhdetta $531441/524288$ ($3^{12}/2^{19}$).

koska niissä ei huomioitu edellä mainittuja fysikaalisia tai psykoakustisia elementtejä. Sama koskee periaatteessa kaikkia aiemmilla vuosisadoilla kirjoitettuja viritysoppaita. Ennen kromaattisen stroboskoopin keksimistä (Railsback 1937) ei tarkkaa sävelkorkeutta (fysikaalista pohjataajuutta) pystytty luotettavasti mittaamaan.

Keskisäveltemperointien aikana enharmoniset sävelet olivat useilla soittimilla esimerkiksi jousisoittimilla jo oletusarvoisesti eri korkuisia (ks. kuva 6), jolloin ne vaikuttivat myös intonaatioon, vaikka niitä tarkasteltai-siin vain musiikillisen syntaksin tasolla. Toisin sanoen säveltäjät ennen romantiikan aikaa käyttivät enharmonista merkintätapaa myös erottamaan muun muassa pieniä ja suuria puoliaskelia toisistaan (Kamien 1986). Täl-löin intonointi oli kirjoitettu ulos, eikä sitä tarvinnut arvuutella. Kamien ei artikkelissan kuitenkaan käsitellyt asiaa intonaation kannalta. Nykyään valitettavasti enharmoniaan liittyvä intonaatiolukutaito on musiikin esit-täjiltä pääosin kadonnut ehkä lukuun ottamatta asiaan vihkiytyneitä van-han musiikin spesialisteja.

Sinfoniaorkesterin perinteisen tonaalisen musiikin kantaohjelmiston muodostaa pääasiassa wieniläisklassismin ja romantiikan ajan musiikki eli noin 1700-luvun puolesta välistä eteenpäin 1900-luvun alkupuolelle. Kiinnostava kysymys onkin, ketkä säveltäjät ajattelivat ja erottelivat enharmoniset sävelet fyysisesti eri vireisiksi. Vaikka enharmoninen kirjoitusasu korreloi ensisijaisesti kirjoitetun sävelen funktion kanssa soinnussa tai sävellajissa, saattoivat enharmonisesti ajattelevat säveltäjät mahdollisesti kirjoittaa haluamansa intonaation suoraan nuottikuvaan. Valitettavas-ti aihetta on tutkittu erittäin vähän ja suoraa vastausta kysymykseen ei ole saatavissa. Enharmoniaa 1800-luvun musiikissa ovat käsitelleet muun muassa Barbieri (2008), Harrison (2001), Lindley (2009), Muniz (2016) ja Staubli (2021). Kuitenkaan säveltäjäkohtaisia analyysejä nimenomaisesti enharmonian vaikutuksesta sävelkorkeuteen ei ole juurikaan tehty. Myös-kään haastateltujen kapellimestareiden keskuudessa ei vallinnut konsen-susta intonaatioon vaikuttavan enharmonisen ajattelun päättymisen ajan-kohdasta. Arviot vaihtelivat Beethovenista Schönbergiin. Keskusteluissani kapellimestarien kanssa nousi esiin muun muassa seuraavia näkemyksiä:

Jaatinen: Haydnilla on sellaisia jousikvartettoja, joissa voidaan selvästi nähdä selkeä logiikka enharmonian ja intonaation välillä. Harjaantunut muusikko näkee heti nuotista, mihin suuntaan ääntä pitäisi intonoida. Kuinka kauan tällainen ajattelu säilyi? Oliko sitä vielä Beethovenilla? Tai kenties Wagnerilla?

Salonen: Wagnerilla on ihan selvästi sitä mun mielestäni.

Jaatinen: Jopa Rahmaninovilla on kohtia, jossa enharmonia vaihtuu kesken soinnun tai jopa kesken pitkän äänen. Johtuuko se intonoinnista vai kirjoitustavasta?

Salonen: Ne on aina yhdistelmiä, mutta Wagnerilla on ihan selvästi sellaisia paikkoja, joissa on valittu tietty enharmoninen kirjoitustapa ilmaisullisista syistä, ei notaatiosyistä. Niitä on esim. Tristanissa paljon. (Salonen 2013.)

Jaatinen: Koska enharmonia hävisi säveltäjiltä?

Gothóni: 12-säveljärjestelmän myötä. (Gothóni 2013.)

Saraste: Mä olen sitä mieltä, että se katosi vasta Schönbergin opus 9 (kamarisinfonia nro 1) aikaan. (Saraste 2013.)

On mahdollista, että jotkut romantiikan ajan säveltäjät käyttivät tietoisesti enharmonista kirjoitustapaa halutessaan vaikuttaa intonaatioon tai sävellajin soinnilliseen karaktääriin. Esimerkkinä tästä vaikkapa Franz Schubertin *keskenäinen* sinfonia, jossa E-duurissa alkavan toisen osan sivuteeman oboesoolo on kirjoitettu Des-duuriin. Soolon alkaessa säestyskin vaihtuu enharmonisesti Cis-duurista Des-duuriin. Soolon jälkeen palataan jälleen cis-molliin. Syy voi toki myös olla puhtaasti kirjoitustekninen eli Des-duuri on helpompi lukea kuin Cis-duuri.

Vaikka enharmonisten sävelten ei mahdollisesti ajateltu olevan eri vireisiä, sävellajit herättävät kuitenkin assosiaatioita, jotka ovat yhteydessä etumerkkeihin. Haastateltavat olivat yksimielisiä, että b-merkkiset sävellajit kuulostavat pehmeämmiltä, levollisemmilta ja jopa viritykseltään matalammilta vastaaviin ristimerkkisiin verrattuna esimerkiksi Cis-duuri vs. Des-duuri (ks. myös kuva 6, pythagoralainen viritys). Esimerkkeinä pehmeistä, levollisista b-merkkisistä sävellajeista voisi mainita muun muassa Antonin Dvořákin 9. sinfonian toisen osan Des-duuriin kirjoitetun englannintorvisoolon (*Uudesta maailmasta*) tai Jean Sibeliuksen 2. sinfonian 3. osan (Vivacissimo) ”lento e soave”-välkkeen Ges-duurissa.

Kiinteävireisissä soittimissa ero on enemmänkin mielikuvan tasolla, jota voi esim. kosketuksen tai dynamiikan avulla yrittää tuoda esiin. Gothóni (2013) luonnehtii eroa seuraavasti:

Gothóni: Esimerkiksi, jos soitan a:n ja e:n ja cis on siellä ylhäällä, ja sitten Des-duuria, niin kyllä se des on matalampi. Osittain se saattaa johtua siitä, että ristimerkkisen assosiaatio on kirkkaampi, avonaisempi, ikään kuin pyrkimässä jonnekin. Ja sitten b-merkkiset ovat pehmeämpiä, paikallaan pysyvämpiä, ikään kuin lepää jossakin. Puuttuu se jännite, joka on ristimerkkisissä, joka on ikään kuin enemmän johtosävelen kaltainen. (Gothóni 2013.)

Omien havaintojeni ja useiden kollegoiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella sävellajilla vaikuttaisi käytännön tasolla olevan jonkin verran vaikutusta myös orkesterin yleisviritykseen. Erityisesti silloin, jos sävellajissa on paljon korotuksia, jostakin syystä yleisviritys vaikuttaisi nousevan hiukan. Vastaavasti runsaasti alennusmerkkejä sisältävät sävellajit soitetaan usein hieman matalammiksi. Tämä tietysti hieman yleistäen ja aihe vaatisi lähempää tarkastelua. Oboensoittajana tuollainen ero on kuitenkin helppo huomata, koska hienovireistä vritystasoa muutetaan huuliotteen avulla. Tällöin ristimerkkisissä sävellajeissa joutuu viritystä kinnaamaan ylöspäin ja vastaavasti b-merkkisissä hieman löysäämään alaspäin. Ilmiö saattaa aiheuttaa myös hämmennystä transponoivien instrumenttien kohdalla. Esimerkiksi A-klarinetilla stemma saattaa luetavuussyistä olla kirjoitettu b-merkkiseen sävellajiin, kun C-vireisillä soittimilla sävellaji on samaan aikaan ristimerkkinen. Tällöin myös intonaatioon liittyvä etumerkkiassosiaatio voi olla soittimien välillä vastakkainen (vrt. Gothóni 2013).

Pianon viritys

Kuten kuvasta 1 voitiin todeta, varsinkin ylärekisterissä orkesterisoitinten (vapaasti intonoivat) ja pianon (kiinteävireinen) laajentumiskäyrät ovat hyvin samankaltaiset. Koeasetelmatyypistä johtuen käyrät eroavat muodoltaan toisistaan, mutta perustaltaan ilmentävät samaa asiaa. Pianon käyrät ovat sidoksissa kielten inharmoniteettiin, oktaavilaajentumaan, virittämismetodiin sekä kiinteään referenssiääneseen (C4 tai A4). Orkesterisoitinten käyrät taas perustuvat sävelkorvaa miellyttävän oktaavin laajuutta mittaavaan kuuntelukokeeseen, jossa ei ollut yhtä kiinteää referenssiä. Koska piano on yleinen solisti- ja säestyssoitin ja sitä käytetään paljon myös orkesterisoittimena, on hyödyllistä tiedostaa, että orkesterin viritys ja orkesterisoittimien intonaatio on käytännössä hyvin pitkälle pianon virityksen kaltainen (Jaatinen, Pätynen ja Alho 2019; Sundberg 1991; Sundberg ja Lindqvist 1973).

Modernia pianoa tai muuta kiinteävireistä soitinta viritettäessä on siis otettava huomioon kaksi asiaa: laajentunut viritys sekä yleensä tasavireinen temperointi. Vaikka pianoa on totuttu kutsumaan tasavireiseksi soittimeksi, laajentumisen vuoksi pianossa ei käytännössä juurikaan ole tasavireiseksi luokiteltavia puolisävelaskeleita.

Pianon auralinen eli kuulonvarainen virittäminen toteutetaan seuraavasti: virityskeskiöksi eli referenssiksi valitaan joko C4 (keski-C) tai A4

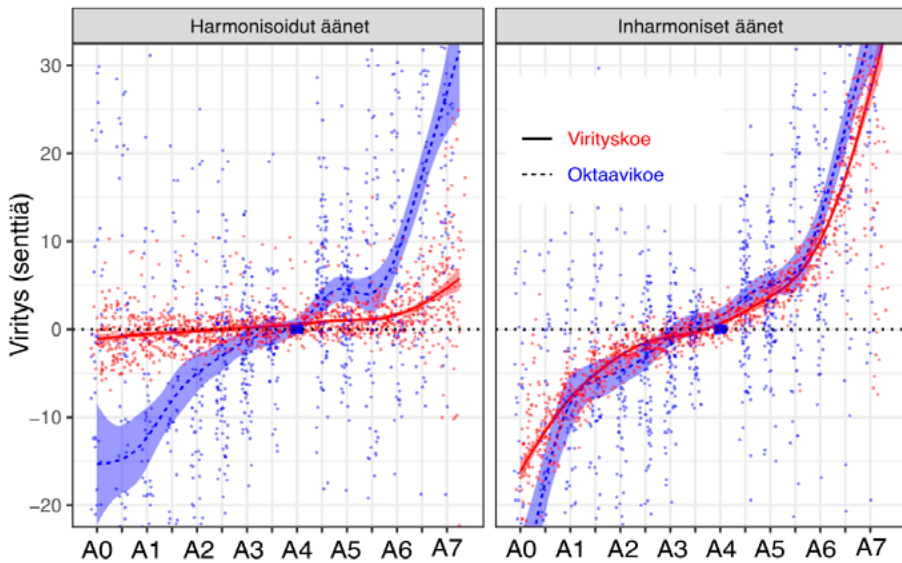
(yleensä 440–443hz, riippuen viritystasosta). Tämä on ainoa ääni, joka viritetään ulkoisen referenssin avulla (äänirauta tai viritysmittari). Seuraavaksi viritetään viritus- (terssit ja sekstit) ja kontrolli-intervalleja (kvartit ja kvintit) hyödyntäen ns. jakoalue, joka on yleensä joko F3–F4 tai A3–A4. Jakoalueen sisällä olevat puolisävelaskeleet viritetään valitun temperoinnin mukaisesti. Esimerkiksi tasavireisessä temperoinnissa puolisävelaskelien tulisi olla samankokoisia (vrt. kuva 1, Steinway D -flyygelin viritys välillä F3–F4). Virittäessä kuunnellaan niin sanottua osasävelpriimiä eli ensimmäisten yhteisten osasävelten välistä huojuntaa, joka esim. duuriterssissä F3–A3 olisi A5–A5. Erilaisissa temperoinneissa eri intervalleille on määritetty teoreettiset huojuntanopeudet (esim. F3–A3 tapauksessa 6,95 Hz). Kielten inharmoniteetti (Giordano 2015; Jorgensen 1991) vaikuttaa soitinkohtaisesti huojuntanopeuteen, jolloin osasävelpriimin huojuntanopeus eroaa jonkin verran teoreettisesta huojunnasta. Inharmoniteetilla eli epäharmonisuudella tarkoitetaan kielten värähtelyominaisuuksista riippuvaa harmonisten osasävelien virituksen ylöspäin siirtymistä verrattuna matemaattisiin kokonaislukukerrannaisiin.

Eniten inharmoniteettia on mitattavissa pystypianojen matalassa rekisterissä, jossa kielet ovat lyhyitä ja paksuja (kuva 1, Railsback). Täysmittaisessa konserttiflyygelissä inharmoniteetti on pienempi, mistä johtuen virituksen laajentuminenkin on alarekisterissä vähäisempää (kuva 1, Steinway D). Pystypianon alarekisterin virituksen voimakkaampi leviäminen selittyy osittain suuremman inharmoniteetin aiheuttamasta havaitun sävelkorkeuden noususta, koska viritykseltään ylävireiset osasävelet dominoivat sävelkorkeuden havaitsemista alimmissa äänissä johtuen kuuloaistin epäherkkyydestä äänenvoimakkuuteen matalilla taajuuksilla (Suzuki ja Takeshima 2004). Tämä vastaavasti aiheuttaa tarpeen fysikaalisen pohjataajuuden madaltamiselle, jotta äänet eivät kuulostaisi liian korkeilta (Jaatinen ja Pätynen 2022).

Jakoalueen virittämisen jälkeen kopioidaan kontrolli-intervallien (mm. oktaavit ja desimit) avulla jakoalueen viritys koko sävelasteikon laajuudelle. Oktaavien virityksissä matalassa rekisterissä viritetään yleensä jokin korkeampien osasävelten muodostama priimi puhtaaksi (eli ei ensimmäistä yhteistä osasäveltä 2:1, vaan esim. 4:2, 6:3, 8:4 tai 10:5). Tämän menettelyn ansiosta osasävelpriimi saadaan huojumattomaksi ja yleinen psykoakustinen virituksen laajeneminen myös huomioitua. Ylimmässä rekisterissä viritukseen vaikuttavat huojuntojen lisäksi myös subjektiivisesti koetut puhtaat melodiset oktaavit, jotka vaativat usein korkeampaa viritystä kuin huojuntoihin perustuvassa menetelmässä (Jaatinen ja Pätynen 2022). Lopuksi viritetään ns. kuorot eli samanvireiset tuplaus- ja triplauskielet unisonoon.

Aiemman tutkimuksemme perusteella (Jaatinen ja Pätynen 2022) pianon virityksen laajentuminen on merkittävästi riippuvainen kielten inharmoniteetista, mutta viritys leviää ylärekisterissä virittäjästä riippuen jonkin verran myös ns. harmonisoiduilla pianon äänillä subjektiivisesti puhtaaksi koettujen laajentuneiden melodisten oktaavien vuoksi (kuva 8, vasemmalla).

Inharmonisilla äänillä suoritetun virityskokeen ja psykoakustisen oktaavien laajuutta pianon äänillä mittaavaan kokeen käyrät ovatkin hyvin samankaltaiset (kuva 8, oikealla). Havainto tukee myös Sundbergin aiempaa päätelmää (Sundberg 1991, 98–99), jossa todetaan yleisen virityksen laajentumisen ja kielten inharmoniteetista aiheutuvan virityspoikkeaman olevan saman suuntaisia.



Kuva 8. Vasemmalla virityskokeen (punainen yhtenäinen viiva) ja oktaavikokeen (sininen katkoviiva) tulokset harmonisoiduilla pianon äänillä. Oikealla vastaavat tulokset alkuperäisen kaltaisilla inharmonisilla äänillä. Värjätty alueet: 95 %:n luottamusvälit. (Jaatinen ja Pätynen 2022.)

Mainittakoon vielä, että joissain vanhemmissa analogisissa syntetisaattoreissa ja sähköpianoissa, joissa asteikon laajentumista ei ole huomioitu, saattaa törmätä matemaattiseen tasaviritykseen, joka kattaa koko instrumentin käytettävissä olevan sävelasteikon. Esa-Pekka Salonen luonnehti ongelmaa seuraavasti:

Muistan, että mun ensimmäisessä digitaalipianossa oli algoritmilla tehdyt äänet. Mä en pystynyt käyttämään sitä sävellysdruunissa lainkaan, koska en kuullut sitä harmoniaa. Jos sillä soitti vähänkin monimutkaisemman soinnun, mä en kuullut enää sitä, miten se soi, koska se ei käyttäytynyt sillä tavalla kuin oikea piano. Nyt samplatut pianot toimivat juuri kuin oikeat pianot. (Salonen 2013.)

Nykyisissä sähköpianoissa laajentuminen on siis poikkeuksetta huomioitu, varsinkin, jos äänet on samplattu oikeasta pianosta. Joissakin edistyneissä musiikkisovelluksissa, esimerkiksi Logic Pro X:ssä (Apple Inc.), on jopa mahdollista säätää kaikkien samplattujen instrumenttien virityksen laajentumisen määrää.

Orkesterin viritys ja intonointi

Jos sinfoniaorkesteria ajattelee yhtenä isona soittimena, sillä on paljon yhtäläisyyksiä pianon virityksen kanssa.

Mikrointonaatioryhmällä tarkoitan esimerkiksi yksittäistä soittajaa, pienehköä kamariyhtyettä tai orkesterin pientä soitinryhmää, jossa kaikki kuulevat suoraan toistensa soiton ja pystyvät reagoimaan keskinäiseen intonaatioonsa. Makrointonaatioryhmät, esim. orkesterin suuremmat soitinryhmät tai koko sinfoniaorkesteri, reagoivat ennemminkin kollektiivisesti koetun intonaation kautta, kuin yksittäisten soittajien välillä (esim. I-viuluryhmä, selloryhmä, vasket). Sinfoniaorkesterissa on siis useita yhtäaikaista mikro- ja makrointonaatioryhmiä ja ne muodostavat yhdessä yhden suuren makrointonaatioryhmän (koko orkesteri).

Virityskeskio ja vastapainoperiaate

Sinfoniaorkesterin yleisvirityksen vakauttamiseksi olen kehittänyt vastapainoperiaatteen, jossa orkesterin viritys lukittuu aina keskialueen soittimiin, eli niin sanotun virityskeskion ($A4 = n. 442 \text{ Hz}$) ympärille (vrt. pianonvirityksen referenssiääni). Vastapainoperiaatteen mukaan referenssin ($A4 = 442 \text{ Hz}$) pysyessä keskellä, ylä- ja alarekisterin soittimien viritykset laajentuessaan ylös- ja alaspäin, tasapainottavat toistensa viritystä, jolloin orkesterin yleisviritystaso pysyy vakaana (kuvat 1 ja 2).

Psykoakustisten kokeiden ja luonnollisen hyvävireisen intonoinnin seurauksena niiden orkesterin instrumenttien, jotka soittavat virityskeskion alapuolella, tulee olla viritystasoltaan aina matalampia kuin mate-

maattisessa tasavireisyydessä eli viritys laajentuu alaspäin, kuten pianossa-kin. Vastaava ilmiö toistuu peilikuvana virityskeskiön yläpuolella, jolloin ylärekisterissä soittavien instrumenttien tulee olla viritystasoltaan riittävän korkeita (kuvat 1 ja 2).

Keskusteluissa vastapainoperiaatteesta ilmeni muun muassa seuraavia näkemyksiä:

Salonen: Mä sanoisin, että siinä ajatuksessa, että kaiken perustana on keskirekisteri, on myös erityisesti järkeä. Se [ts. A4] on sen akselin nivel eli se on kummallekin ääripäälle se referenssi. (Salonen 2013.)

Jaatinen: Mikä sinun mielestäsi määrittelee kollektiivisen viritystason orkesterissa?

Panula: Keskialueella on puut [ts. puupuhaltimet]. Puitten mukaan. Siinä se pitäisi tulla.... keskialueen soittajat. Ei matalasta voi ottaa... (Panula 2013.)

Slobodeniouk: Jos ajatellaan mitä tahansa sointua, niin pahinta mitä voi tehdä, on korkea basso. Se sekoittaa täysin. (Slobodeniouk 2013.)

Jaatinen: Olen itse miettinyt tätä ja päätenyt sellaiseen ratkaisuun, että jos lähdetään purkamaan viritysongelmia bassopäästä eli jos se pohja, jolle ruvetaan rakentamaan, on jo valmiiksi korkea, aiheuttaa se aikamoisia kerrannaisongelmia ylärekisterissä.

Saraste: Tätä mä just tarkoitin.

Jaatinen: Ja referenssiäänihän on viritysääni eli yksiviivainen a. Ja jos halutaan saada viritystaso pysymään stabiilina, niin pointtina on keskirekisterin pitäminen paikallaan viritysääneen nähden ja hieman levitetyillä oktaaveilla saataisiin bassopää pysymään riittävän matalana, jolloin se toimii samalla vastapainona sille, ettei yläpäähän kohdistu niin suuria nousupaineita. Eli jos basso on valmiiksi korkea eli viritetty perinteisellä viritysmittarilla, kerrannaisvaikutus on, kuten jo sanottuakin, suuri ja viulut kinnaavat helposti itsensä taivasiin.

Saraste: Mulla on ihan sama näkemys ollut tuosta. Mä en ole sitä ylisuurta oktaavia siinä ajatellut, mutta mua on häirinnyt aina toi bassojen korkeus. Se ilman muuta häiritsee ja sitä paitsi se tuhoaa hirveästi nimenomaan just jousien yläsävelikköä, et se ei soi vapaasti se ylärekisterikään, vaikka olisi vapaat kieletkin. Tämä on kyllä selvästi sellainen asia, jota ei niin kuin oikeastaan tiedostetakaan. Et se nimenomaan hyvin usein sieltä tulee se tuhnuisuus. (Saraste 2013.)

Suurimpana ongelmana pidettiin matalan rekisterin soittimien (bassot, sellot, tuuba, pasuunat, fagotit) ylävireisyyttä, jota ei ole välttämättä helppoa huomata. Käytännössä esimerkiksi bassot voisivat virittää A-kielen mittarin sijasta korvakuulolta riittävän matalaksi ja suhteuttaa muut kielet siihen. Aiemman artikkelimme tulosten mukaisesti se olisi tällöin

noin 15 senttiä matala mittariviritykseen verrattuna. Sen voisi tehdä keran hiljaisessa ympäristössä huolellisesti ja säätää mittarinsa kalibrointi sitä vastaavaksi, esimerkiksi viritykseen 438–439Hz. Ongelmaksi toki voi muodostua niin sanottujen huiluäänien käyttö, mutta niissä tapauksissa vapaan kielen viritys täytyy sopeuttaa tilannekohtaisesti. Jos käytössä on ohjelmoitava mittari, voidaan kielten viritykset säätää erikseen laajentuneen virityksen mukaisesti (esim. StroboPlus HD). Muut jousisoittimet voivat noudattaa samaa yleisesti käytössä olevaa periaatetta eli A-kieli viiritetään korvakuulolta ja muut luonnonpuhtailla kvinteillä (702 senttiä). Jousisoittimien vapaiden kielten virityksiin liittyvät intonaatio-ongelmat on rajattu tämän artikkelin ulkopuolelle.

Kuvassa 9 on näkyvillä ohjeelliset arvot toonikan viritystasoiaksi psykoakustisen orkesterisoitintutkimuksemme mukaisesti. Taulukossa A2:n alapuolisissa äänissä ei ole huomioitu klarinetin poikkeavaa virityskäyrää, jonka vuoksi viritystaso on hyvin tasainen.

Sävel	Okt	Viritys	Sävel	Okt	Viritys	Sävel	Okt	Viritys	Sävel	Okt	Viritys	Sävel	Okt	Viritys	Sävel	Okt	Viritys	Sävel	Okt	Viritys			
A	0	-15	A	1	-15	A	2	-15	A	3	-7	A	4	0	A	5	8,1	A	6	19	A	7	38,2
A#/B	0	-15	A#/B	1	-15	A#/B	2	-14,3	A#/B	3	-6,4	A#/B	4	0,6	A#/B	5	9	A#/B	6	20,6	A#/B	7	40
H	0	-15	H	1	-15	H	2	-13,6	H	3	-5,8	H	4	1,2	H	5	9,9	H	6	22,2	H	7	41,8
C	1	-15	C	2	-15	C	3	-12,9	C	4	-5,2	C	5	1,8	C	6	10,8	C	7	23,8	C	8	43,6
C#/Db	1	-15	C#/Db	2	-15	C#/Db	3	-12,2	C#/Db	4	-4,6	C#/Db	5	2,5	C#/Db	6	11,7	C#/Db	7	25,4	C#/Db	8	45,4
D	1	-15	D	2	-15	D	3	-11,5	D	4	-4	D	5	3,2	D	6	12,6	D	7	27	D	8	47,2
D#/Eb	1	-15	D#/Eb	2	-15	D#/Eb	3	-10,8	D#/Eb	4	-3,4	D#/Eb	5	3,9	D#/Eb	6	13,5	D#/Eb	7	28,6	D#/Eb	8	49
E	1	-15	E	2	-15	E	3	-10,1	E	4	-2,8	E	5	4,6	E	6	14,4	E	7	30,2	E	8	50,8
F	1	-15	F	2	-15	F	3	-9,5	F	4	-2,2	F	5	5,3	F	6	15,3	F	7	31,8	F	8	52,6
F#/Gb	1	-15	F#/Gb	2	-15	F#/Gb	3	-8,9	F#/Gb	4	-1,6	F#/Gb	5	6	F#/Gb	6	16,2	F#/Gb	7	33,4	F#/Gb	8	54,4
G	1	-15	G	2	-15	G	3	-8,3	G	4	-1	G	5	6,7	G	6	17,1	G	7	35	G	8	57,2
G#/Ab	1	-15	G#/Ab	2	-15	G#/Ab	3	-7,7	G#/Ab	4	-0,5	G#/Ab	5	7,4	G#/Ab	6	18	G#/Ab	7	36,6	G#/Ab	8	59

Kuva 9. Ohjeelliset viritystasot toonikalle psykoakustisen orkesterisoitintutkimuksemme mukaisesti. Viritysarvot sentteinä suhteessa matemaattiseen tasaviritykseen, virityreferenssinä $A4=0c$. 100 senttiä = puolisävelaskel äänialasta riippumatta.

Melodia vs. säestys

Musiikin havainnoinnissa melodian sisäisellä puhtaudella on suurempi painoarvo kuin säestyksellä (Rasch 1985). Tästä syystä epäloogisuudet melodian intonaatioissa havaitaan helposti. Tämä korostuu varsinkin silloin, kun melodia on ylimmässä äänessä. Bassolinjan melodisiin epäpuhtauksiin ei Raschin (ibid.) tutkimuksen mukaan kiinnitetty läheskään yhtä paljoa huomiota. Väliäänien osuuden sisäisellä horisontaalisella eli melodisella intonaatiolla ei myöskään ole juuri merkitystä (ibid.). Tyypillinen ristiriitatilanne melodian ja harmonian välillä ovat duuriterssit melodiasa, jotka pitäisi pääsääntöisesti soittaa melodisen intonaation mukaisesti

eli selvästi luonnonpuhdasta korkeammaksi. Ne eivät kuitenkaan soi hyvin yhteen harmoniassa usein toivottavan luonnonpuhtaan duuriterassin kanssa, kuten on nähtävissä alla olevassa esimerkissä (kuva 10) Johannes Brahmsin viulukonserton toisessa osasta. Eräänä ratkaisuna voisi ajatella säestyksen virityksellistä joustoa melodiaa mukailten kohtuuden rajoissa. Vaikka kahdessa ensimmäisessä tahdissa ei ole varsinaista melodiaa, tulisi 1. fagotin nähdäkseni ennakoida oboen melodinen a-sävel soittamalla a-äänensä lähemmäksi melodista duuriterssiä harmonisen sijaan. Myös huilun tulisi myötäillä oboen melodista intonaatiota terssituplauksissa kohtuullisissa määrin.

The image shows a musical score for the first movement of Johannes Brahms' Violin Concerto, focusing on the woodwind parts. The score is in 2/4 time with a key signature of one flat (B-flat major/D minor). The tempo is marked as quarter note = 90. The parts include Flute I, Flute II, Oboe, Clarinet in C 1, Clarinet in C 2, Bassoon 1, Bassoon 2, Horn in C 1, and Horn in C 2. The score shows a melodic line in the flutes and oboe, with woodwinds providing harmonic support. Dynamic markings include 'p' (piano) and 'p' (piano). Arrows indicate specific notes: downward arrows point to the first notes of the flute and bassoon parts, and upward arrows point to the first notes of the oboe and clarinet parts.

Kuva 10. Ote Johannes Brahmsin viulukonserton toisen osan alusta. Nuolella on merkitty duuriterssiunisonot melodiassa ja säestyksessä sekä fagotin duuriterssi alussa.

Myös soittimien keskinäisellä balanssilla on keskeinen merkitys ongelman ratkaisemisessa eli varsinkin säestyksessä olevat duuriterssit, jos ne tuplaavat melodiaa, tulisi soittaa hiljempaa. Säestyksessä myös duuriterssin tuplaajat voisivat soittaa oman äänensä melodiaa mukaillen eli hiukan luonnonpuhdasta viritystä korkeammaksi. Jos kyseessä on laajan ambituksen (äänialan) sointu ja terssit ovat kaukana toisistaan, ongelma vähenee olennaisesti. Yleisimmin melodiseen duuriterssiongelmaan törmätään teoksissa, jossa melodia rakentuu duurikolmisoinnulle (esimerkiksi Richard Wagnerin *Lentävä hollantilainen* -alkusoitto, Ludwig van Beethovenin 3. sinfonia *Eroica* tai em. Johannes Brahmsin viulukonsertto). Kuvassa 11 esimerkkinä on ote Richard Wagnerin *Lentävä hollantilainen* -alkusoiton alkupuolelta (partituuri in C). Terssiongelma on aluksi fagotin säestyksessä oleva pienen oktaavin a:n ja ajoittain unisonossa samassa oktaavissa olevan englannintorven melodisen a-sävelen välillä. Neljännessä tahdissa oboe ja käyrätorvi ovat eri oktaaveissa, jolloin tilanne on helpompi. Viidennestä tahdistä eteenpäin terssiongelma toistuu oboen ja toisen klarinetin välillä.

The image shows a page of a musical score for the beginning of Richard Wagner's overture 'The Flying Dutchman'. The score is for woodwind instruments and includes parts for Flute 1, Flute 2, Oboe, English Horn, Clarinet in C 1, Clarinet in C 2, Bassoon 1, Bassoon 2, Horn in C 1, Horn in C 2, and Horn in C 3. The music is in 3/4 time and C major. The score features various dynamic markings such as *p* (piano) and *f* (forte), and articulation marks like slurs and accents. The woodwind parts are arranged in a way that highlights the intervallic relationships between different instruments, particularly the tritone and octave relationships mentioned in the text.

Kuva 11. Ote Richard Wagnerin *Lentävä hollantilainen* -alkusoitosta. Nuolella on merkitty duuriterssiunisonot melodiassa ja säestyksessä.

Kuten mainittua, terssin kompensoinnin tarve vähenee oleellisesti tai jopa poistuu kokonaan, jos yhtäaikaisten terssien etäisyys melodian ja säestyksen välillä on esimerkiksi kaksi tai kolme oktaavia. Säestyksen kompensointi koskee nimenomaisesti tilanteita, jossa säestys ja melodia ovat unisonossa (Wagner-esimerkki) tai oktaavin päässä toisistaan. Johtoajatuksena kuitenkin on, että säestys olisi alisteinen melodialle ja joustaa tarpeen mukaan.

Sointujen puhtaus ja korjausmenetelmät harjoitustilanteessa

Perinteisesti orkesteriympäristössä harjoitustilanteessa konsoivoien sointujen (esim. duurikolmisointu) puhtautta on rakennettu bassoinstrumenttien antaman referenssin päälle.

Kuitenkin ongelmaksi muodostuu tällöin referenssin virhemahdollisuus. Mikäli esimerkiksi kontrabasistit käyttävät instrumenttinsa virittämiseen perinteistä viritysmittaria, joka ei ota huomioon virityksen laajentumista, on viritys jo lähtökohtaisesti liian korkea. Jos matemaattisen tasavirityksen eli viritysmittarin mukainen ääni otetaan referenssiksi matalassa rekisterissä ja rakennetaan sen päälle sointu (tavallisesti ensin oktaavit, sitten kvintit ja lopuksi terssit), seurauksena on yleisen viritystason nousu (vrt. kuvat 1, 2 ja 9). Ratkaisumalli on esitetty aiemmin luvussa *virityskeskio ja vastapainoperiaate*.

Sointujen virittämisessä tulisi siis noudattaa vastapainoperiaatetta, jolloin referenssi on matalien soittimien sijaan aina lähellä virityskeskioä. Tällöin referenssiksi otetaan mahdollisimman lähellä virityskeskioä ($A_4 \approx 442\text{Hz}$) oleva soinnun pohjaääni (toonika), jolloin laajentuminen tapahtuu molempiin suuntiin. Eli laajan soinnun virittäminen aloitetaan virityskeskioä lähimpänä olevasta soinnun pohjasävelestä, jonka mukaan viritetään muut sävelet korvan mukaan. Tällöin siis diskantti- ja bassorekisterit tasapainottavat toisensa ja yleisviritys pysyy stabiilina. Kaikki haastatellut kapellimestarit pitivät tätä menetelmää parempana verrattuna perinteiseen bassoreferenssiajatteluun. Almila (2013) kiteyttää ongelman seuraavasti:

Almila: Se on tällainen vanha ajatusharha, että siksi kun ne (bassot) ovat isokokoisia soittimia, niin se olisi joku kivijalka, jonka päälle rakennetaan. Sä olet ihan oikeassa tuossa, että joudutaan hankaluuksiin, jos sieltä ei anneta tarpeeksi lepäävää..... (Almila 2013.)

Lisäksi tulee luonnollisestikin huomioida sointufunktiot sekä melodian sisäisen puhtauden vaikutus kokonaisuuteen. Kun yksittäiset peräkkäiset soinnut viritetään harmonisesti puhtaksi, melodian sisäinen intonaatio voi muuttua horisontaalisesti epävireiseksi, jos sen peräkkäiset sävelet joudutaan sopeuttamaan harmonian mukaan. Tällaisessa tilanteessa yksittäisen soinnun viritystasoa voidaan joutua tilapäisesti hieman joustamaan ylös- tai alaspäin, jotta melodinen horisontaalinen intonaatio pysyy puhtaana. Asia ei ole yksinkertainen, mutta on käytännössä toteuttavissa siten, että säestävät instrumentit kuuntelevat melodiaa ja sopeuttavat intonaationsa sen mukaan samalla tiedostaen oman äänensä aseman soinnussa. Tämä luonnollisesti edellyttää, että melodiaa soittava muusikko soittaa melodisesti puhtaasti ja hänen virityksensä pysyy stabiilina. Kontekstista riippuen myös melodia voi tarvittaessa joustaa, jos se ei aiheuta havaittavaa epäloogisuutta melodian sisäiseen puhtauteen.

Johtopäätökset

Tässä artikkelissa olen käynyt läpi intonaatioon liittyviä käytännön muusikkotyössä vastaan tulleita kysymyksiä ja esittänyt niihin useita ratkaisumalleja.

Yhtä ja ainoaa oikeaa intonaatiota ei voida yleensä määrittellä yksiselitteisesti vaan painotuksesta ja kuulijasta riippuen saattaa useita hyväksyttäviä vaihtoehtoja olla olemassa (vrt. kuva 3). Soittotilanteessa intonaation toteuttaminen tapahtuu reaaliaikaisesti intuitiivisesti ympäristöön sopeutuen, jolloin ei ole mielekästä etukäteen ruveta määrittämään tarkkoja viritysarvoja sentilleen. Laajentuneeseen viritykseen perustuvasta taulukosta (kuva 9) voi kuitenkin katsoa, minkä verran virityksen nostoa tai laskua missäkin rekisterissä suunnilleen tarvitaan eli mistä suunnasta hyvävireistä intonaatiota voi lähteä hakemaan.

Ylärekisterissä matemaattista tasaviritystä eli mittariviritystä ei käytännössä kukaan orkesterimuusikko voi toteuttaa, koska se kuulostaisi selkeästi alavireiseltä. Matalassa rekisterissä tilanne on toinen, koska mahdollista ylävireisyyttä (vs. laajentunut viritys) ei ole niin helppoa havainnoida. Siksi viritystason ylläpito vaatii tiedostamista ja jatkuvaa kontrollia varsinkin matalan rekisterin instrumenttien soittajilta.

Kuten aiemmassa tutkimuksessamme totesimme (Jaatinen, Pätynen ja Lokki 2021), jopa korkean tason ammattimuusikot kuulivat samat äänet hyvinkin eri tavoin johtuen muun muassa kuulojärjestelmän fysiologisista

eroista. Siksi koettu hyvävireinen intonaatio on jossain määrin myös kuulijasadonnainen ilmiö.

Hyvässä orkesterissa yleensä suuremman ryhmän kollektiivinen makrointonaatio (esimerkiksi I-viulusektio, puupuhaltimet tai vasket) on sellainen, joka miellyttää lähes kaikkia (ks. Fricke 2014). Sen sijaan yksittäisen soittajan tai pienen soitinryhmän muista eroava intonointi (mikrointonaatioryhmä) voi herättää eriäviä mielipiteitä havaitsijasta riippuen. Kun viritykseen ja intonaatioon liittyvät perusasiat tiedostetaan kollektiivisesti ja toimintaperiaatteista vallitsee yhteisymmärrys, ratkeaisi suurin osa intonaatio-ongelmista ammattiorkestereissa luultavasti lähes itsestään.

Se, onko virityksen laajentuminen sisäsyntyinen eli hermoston rakenteesta johtuva vai opittu ilmiö, on vaikutuksiltaan moniulotteinen kysymys. Jos kyseessä on kulttuuri- ja aikakausisidonnaisuuksista vapaa ilmiö, voidaan kysyä, miten sen huomioimatta jättäminen on vaikuttanut viritysjärjestelmiä ja temperointeja käsittelevään kirjalliseen aineistoon varsinkin ennen luotettavan fysikaalista sävelkorkeutta mittaavan laitteiston keksimistä (Railsback 1937). Jos laajentumisilmiö taas on puhtaasti opittua, on myös mahdollista, että aiempina vuosisatoina on vallinnut erilainen esteettinen käsitys, jossa oktaavit ovat olleet suppeampia, lähellä matemaattisesti yksinkertaisempaa vastinettaan. Koska ennen nykyisen kaltaisten akustisten mittausten kehittymistä ei pystytty mittaamaan tarkkoja sävelkorkeuksia ja koska ei ole olemassa äänitallenteita aikaisemmilta vuosisadoilta, emme voi tietää, miten virityksen laajentumiseksi nykyisin tulkittaviin ilmiöihin suhtauduttiin. Aikaisimmat kirjalliset lähteet oktaavin laajentumisesta ovat vasta 1800-luvun loppupuolelta (Schischmánow 1889; Stumpf ja Meyer 1898). Vaikka ilmiötä alettiin sähköteknisten mittalaitteiden avulla psykoakustisesti tutkia vasta 1950-luvulla (Ward 1954), varhaisimmat musiikkitalenteet voisivat antaa osviittaa, millainen ”laajentumisestetiikka” oli vallitseva 1800-luvun lopussa ja 1900-luvun alkupuolella. Esimerkiksi kuunteleman Richard Straussin johtamat orkesteriäänitteet 1920-luvulta ovat kuulostaneet nykyestetiikan mukaiselta eli laajentuminen on ollut vastaavaa kuin nykyäänkin. Tarkempi tutkimus aiheesta olisi kuitenkin tarpeen, ja se voisi valottaa enemmänkin virityksen historiaa. Joka tapauksessa menneiden vuosisatojen kirjallista aineistoa tarkastellessa on hyvä ottaa huomioon laajentumisilmiön mahdolliset vaikutukset.

Käytyjen keskustelujen sekä omien kokemusteni perusteella on myös todettava, että systemaattinen yhteinen metodologia viritys- ja intonaatiokysymysten opettamisessa puuttuu. Eri instrumenttiryhmillä, esimerkiksi

jousilla ja vaskilla, on omat perinteensä, joita saatetaan sattumanvaraisesti ja opettajan kiinnostuksen asteesta riippuen opettaa, mutta jotka myös voivat erota toisistaan merkittävästi (vrt. Heman 1964 ja Leuba 2004). Kuitenkin kaikkien pitäisi yhteissoitossa toimia samojen periaatteiden mukaisesti. Siksi intonaatioon liittyvään käsitteistöön ja ongelmakohtiin tulisi opetuksessa perehtyä kattavasti. Perusteellisen viritystä ja intonaatiota käsittelevän oppimateriaalin laatiminen olisi ensiarvoisen tärkeää, jotta psykoakustiset lainalaisuudet ja kulttuurisidonnaiset ilmiöt tulisivat käsitellyksi ja ymmärretyksi samalla tavalla kaikissa soitinryhmissä.

Laajentumisilmiön perimmäinen syy on edelleen epäselvä, joten neurofysiologiselle ihmistutkimukselle aiheesta olisi tarvetta. Samoin olisi kiinnostavaa tarkastella varhaisia äänitteitä intonoinnin ja virityksen laajentumisen kannalta. Myös sävellajin vaikutusta orkesterin yleisviritykseen olisi hedelmällistä tutkia. Orkesterisoiton peruspilarit ovat yhteinen viritys sekä yhteinen ajoitus. Ajoitukseen liittyviä kysymyksiä ovat esimerkiksi instrumenttien ja äänialojen väliset aikaerot äänen syttymisessä, kulttuurilliset ja yksilölliset erot lyönnin seuraamisessa sekä pitkestä etäisyyksistä johtuva ristiriita kuulokuvan ja näköhavainnon välillä. Kaikki edellä mainitut aiheet olisivat oivallisia tutkimuskohteita ja auttaisivat orkesterimuusikoita hahmottamaan ajoitusongelmien syitä sekä löytämään niihin yhteisiä ratkaisuja.

Lähteet

Kirjallisuus

Barbieri, Patrizio. 2008. *Enharmonic instruments and music 1470-1900*. Latina: Il Levante Libreria Editrice.

Barbieri, Patrizio. 1991. "Violin intonation". *Early Music* 19 (1): 69–88. <https://www.jstor.org/stable/3127954>

Barbour, Murray J. 1951. *Tuning and Temperament, a Historical Survey*. Michigan: Michigan State College Press.

Bell, Andrew ja W. Wiktor Jedrzejczak. 2017. "The 1.06 frequency ratio in the cochlea: evidence and outlook for a natural musical semitone". *PeerJ* 5: e4192. <https://doi.org/10.7717/peerj.4192>

Demany, Laurent ja Catherine Semal. 1990. "Harmonic and melodic octave templates". *Journal of the Acoustical Society of America* 88 (5): 2126–2135. <https://doi.org/10.1121/1.400109>

Dobbins, Peter A. ja Lola L. Cuddy. 1982. "Octave discrimination: An experimental confirmation of the "stretched" subjective octave". *Journal of the Acoustical Society of America* 72 (2): 411–415. <https://doi.org/10.1121/1.388093>

Dowling, W. Jay ja Dane L. Harwood. 1985. *Music cognition*. Cambridge, Massachusetts: Academic press.

Duffin, Ross W. 2008. *How Equal Temperament Ruined Harmony*. New York: W.W. Norton & Company.

Fransson, F., J. Sundberg ja P. Tjernlund. 1970. "Statistical computer measurements of the tone-scale in played music". *STL-QPSR* 2–3: 41–45.

Fricke, J. P. 2014. "Intonation in der abendländischen Musik". Teoksessa *Musikalische Akustik*, toim. Christoph Reuter ja Wolfgang Auhagen (toim.), 126–132. Bremen: Laaber-Verlag.

Garam, Lajos. 1990. *The Influence of the Spatial-Temporal Structure of Movement on Intonation during Changes of Position in Violin Playing*. Väitöskirja. *Studia Musica* 1. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-329-223-9>

Giordano, Nicholas. 2015. "Explaining the Railsback stretch in terms of the inharmonicity of piano tones and sensory dissonance". *The Journal of the Acoustical Society of America* 138 (4): 2359–2366. <https://doi.org/10.1121/1.4931439>

Gough, Colin. 2007. "Musical acoustics". Teoksessa *Springer Handbook of Acoustics*, toim. D. Rossing, 567–702. New York: Springer.

Harrison, Daniel. 2002. "Nonconformist Notions of Nineteenth-Century Enharmonicism". *Music Analysis* 21 (2): 115–160. <https://www.jstor.org/stable/3840800>

Hartmann, William. 1993. "On the origin of the enlarged melodic octave". *Journal of the Acoustical Society of America* 93 (6): 3400–3409. <https://doi.org/10.1121/1.405695>

Heman, Catherine. 1964. *Intonation auf Streichinstrumenten. Melodisches und harmonisches Hören*. Kassel: Bärenreiter.

Jaatinen, Jussi, Jukka Pätynen ja Kimmo Alho. 2019. "Octave stretching phenomenon with complex tones of orchestral instruments". *Journal of the Acoustical Society of America* 146 (5): 3203–3214. <https://doi.org/10.1121/1.5131244>

Jaatinen, Jussi, Jukka Pätynen ja Tapio Lokki. 2021. "Uncertainty in tuning evaluation with low-register complex tones". *Acta Acustica*, 5 (49): 1–13. <https://doi.org/10.1051/aacus/2021045>

Jaatinen, Jussi ja Jukka Pätynen. 2022. "Effect of inharmonicity on pitch perception and subjective tuning of piano tones". *Journal of the Acoustical Society of America* 152 (2): 1146–1157. <https://doi.org/10.1121/10.0013572>

Jorgensen, Owen. H. 1991. *Tuning*. Michigan: Michigan state university press.

Kamien, Roger. 1986. "Subtle Enharmonic Relationships in Mozart's Music". *Journal of Music Theory* 30 (2): 169–183. <https://doi.org/10.2307/843573>

Karrick, Brant. 1998. "An examination of the intonation tendencies of wind instrumentalists based on their performance of selected harmonic musical intervals". *Journal of Research in Music Education*, 46 (1): 112–127. <https://doi.org/10.2307/3345764>

Leuba, Christopher. 2004 [1962]. *A study of musical intonation*. 5. painos. Vancouver: Cherry Classics Music.

Lindley, Mark. 1975. "An historical survey of meantone temperaments to 1620". *Proceedings of the Royal Musical Association* 102: 37–51.

Lindley, Mark. 2009. *Temperaments*. Grove Music Online, 1–56. Tark. 15.2.2022. <https://doi.org/10.1093/gmo/9781561592630.article.27643>

Löhlein, George S. 1781. *Anweisung zum Violinspiele. Auf Kosten der Waisenhaus und Frommannischen Buchhandlung*. Tark. 15.2.2022. [https://imslp.org/wiki/Anweisung_zum_Violinspielen_\(Löhlein%2C_Georg_Simon\)](https://imslp.org/wiki/Anweisung_zum_Violinspielen_(Löhlein%2C_Georg_Simon))

Maltzew, Catharina. 1913. "Das Erkennen sukzessiv gegebener musikalischer Intervalle in den äusseren Tonregionen". *Zeitschrift Für Psychologie* 64: 161–257.

McKinney, Martin F. ja Bertrand Delgutte. 1999. "A possible neurophysiological basis of the octave enlargement effect". *Journal of the Acoustical Society of America*, 106(5), 2679–2692. <https://doi.org/10.1121/1.428098>

Morrison, Steven J. ja Janina Fyk. 2002. "Intonation". Teoksessa *The Science & Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning*, toim. Richard Parncutt ja Gary. E. McPherson, 183–198. Oxford university press.

Muniz, John. 2019. "A Tendency-Transformational Model of Enharmonic Modulations and Related Phenomena". *Music Theory Spectrum* 41 (1): 1–20. <https://doi.org/10.1093/mts/mty027>

Ohgushi, Kengo. 1983. "The origin of tonality and a possible explanation of the octave enlargement phenomenon". *Journal of the Acoustical Society of America* 73 (5): 1694–1700. <https://doi.org/10.1121/1.389392>

- Railsback, Ola L. 1937. "A Chromatic Stroboscope". *Journal of the Acoustical Society of America* 51 (1935): 37–42. <https://doi.org/10.1121/1.1915908>
- Railsback, Ola L. 1938. "A Study of the Tuning of Pianos". *Journal of the Acoustical Society of America* 10: 86. <https://doi.org/10.1121/1.1902080>
- Rasch, Rudolf A. 1985. "Perception of Melodic and Harmonic Intonation of Two-Part Musical Fragments". *Music Perception: An Interdisciplinary Journal* 2 (4): 441–458. <https://doi.org/10.2307/40285312>
- Schischmánow, Iwan. 1889. *Untersuchungen über die Empfindlichkeit des Intervallsinnes*. W. Engelmann. <http://hdl.handle.net/2027/njp.32101072331182>
- Schuck, O. H. ja R. W. Young. 1943. "Observations on the Vibrations of Piano Strings". *Journal of the Acoustical Society of America* 15 (1): 1–11. <https://doi.org/10.1121/1.1902337>
- Staubli, Raphael. 2021. "The Character of the Keys in the Music of the Classical and Romantic Period". *Series Musicologica Balcanica*, 1.2. Tark. 15.2.2022. <https://doi.org/10.26262/smb.v1i2.7934>
- Stumpf, Carl ja M. Meyer. 1898. "Maassbestimmungen über die Reinheit consonanter Intervalle". *Beiträge Zur Akustik Und Musikwissenschaft* 2: 84–167.
- Sundberg, Johan E. ja J. Lindqvist. 1973. "Musical octaves and pitch". *Journal of the Acoustical Society of America* 54 (0001–4966), 922–929. <https://doi.org/10.1121/1.1914347>
- Sundberg, Johan E. 1991. *The science of musical sounds*. Cambridge, Massachusetts: Academic press.
- Suzuki Y. ja H. Takeshima. 2004. "Equal-loudness-level contours for pure tones". *Journal of the Acoustical Society of America* 116 (2): 918–933. <https://doi.org/10.1121/1.1763601>
- Terhardt, Ernst. 1970. "Oktavspreizung und Tonhöhenverschiebung bei Sinustönen". *Acustica* 22: 345–351.
- Terhardt, Ernst. 1971. "Die Tonhöhe Harmonischer Klänge und das Oktavintervall". *Acustica* 24: 126–136.
- Terhardt, Ernst. 1974. "Pitch, consonance, and harmony". *Journal of the Acoustical Society of America* 55 (5): 1061–1069. <https://doi.org/10.1121/1.1914648>
- Terhardt, Ernst ja Zick, M. 1975. "Evaluation of the tempered tone scale in normal stretched and contracted intonation". *Acustica* 32: 268–274.
- Walliser, Konrad. 1969. "Über die Spreizung von empfundenen Intervallen gegenüber mathematisch harmonischen Intervallen bei Sinustönen". *Frequenz* 23 (5): 139–143.
- Ward, W. D. 1954. "Subjective musical pitch". *Journal of the Acoustical Society of America* 26 (3): 369–380. <https://doi.org/10.1121/1.1907344>
- White, William. 1917. *Modern Piano Tuning and Allied Arts*. Edward Lyman Bill, Inc.

Keskustelut

Almila, Atso. 2013. Keskustelu Helsingissä 2.10.2013, haastattelija Jussi Jaatinen. Haastattelumateriaali (äänite, litterointi ja muistiinpanot) tutkijan hallussa.

Gothóni, Ralf. 2013. Keskustelu Porissa 22.11.2013, haastattelija Jussi Jaatinen. Haastattelumateriaali (äänite, litterointi ja muistiinpanot) tutkijan hallussa.

Panula, Jorma. 2013. Keskustelu Kirkkonummella 10.10.2013, haastattelija Jussi Jaatinen. Haastattelumateriaali (äänite, litterointi ja muistiinpanot) tutkijan hallussa.

Salonen, Esa-Pekka. 2013. Keskustelu Helsingissä 20.12.2013, haastattelija Jussi Jaatinen. Haastattelumateriaali (äänite, litterointi ja muistiinpanot) tutkijan hallussa.

Saraste, Jukka-Pekka. 2013. Keskustelu Helsingissä 25.9.2013, haastattelija Jussi Jaatinen. Haastattelumateriaali (äänite, litterointi ja muistiinpanot) tutkijan hallussa.

Segerstam, Leif. 2013. Keskustelu Helsingissä 26.10.2013, haastattelija Jussi Jaatinen. Haastattelumateriaali (äänite, litterointi ja muistiinpanot) tutkijan hallussa.

Slobodeniouk, Dima. 2013. Keskustelu Porvoossa 29.6.2013, haastattelija Jussi Jaatinen. Haastattelumateriaali (äänite, litterointi ja muistiinpanot) tutkijan hallussa.

Kiitokset

Keskustelukumppaneinani toimineet kapellimestarit Jorma Panula, Leif Segerstam, Jukka-Pekka Saraste, Okko Kamu, Esa-Pekka Salonen, John Storgårds, Sakari Oramo, Atso Almila, Ralf Gothóni, Hannu Lintu, Santtu-Matias Rouvali, Dima Sloboneniouk, Osmo Vänskä, Susanna Mälkki, Olli Mustonen, Jaakko Kuusisto ja Klaus Mäkelä sekä pianonvirittäjä Harri Tuovinen.